

VIRAGE À GRANDE INCLINAISON

VIRAGE ENGAGÉ

Objectifs : effectuer des virages à grande inclinaison :

- manœuvres d'évitement,
 - exploitation d'ascendances étroites,
- sans risquer le départ en virage engagé ou en autorotation.

VIRAGE À GRANDE INCLINAISON

VIRAGE ENGAGÉ

CONNAISSANCES INDISPENSABLES
LEÇONS EN VOL

Retour au sommaire général

Bibliographie et références

CONNAISSANCES INDISPENSABLES

-  MÉCANIQUE DU VOL
-  FACTEUR DE CHARGE ET VITESSE DE DÉCROCHAGE
-  CONTRÔLE DE LA TRAJECTOIRE VERTICALE
-  ROULIS INDUIT ET SYMÉTRIE DU VOL
-  LE VIRAGE ENGAGÉ

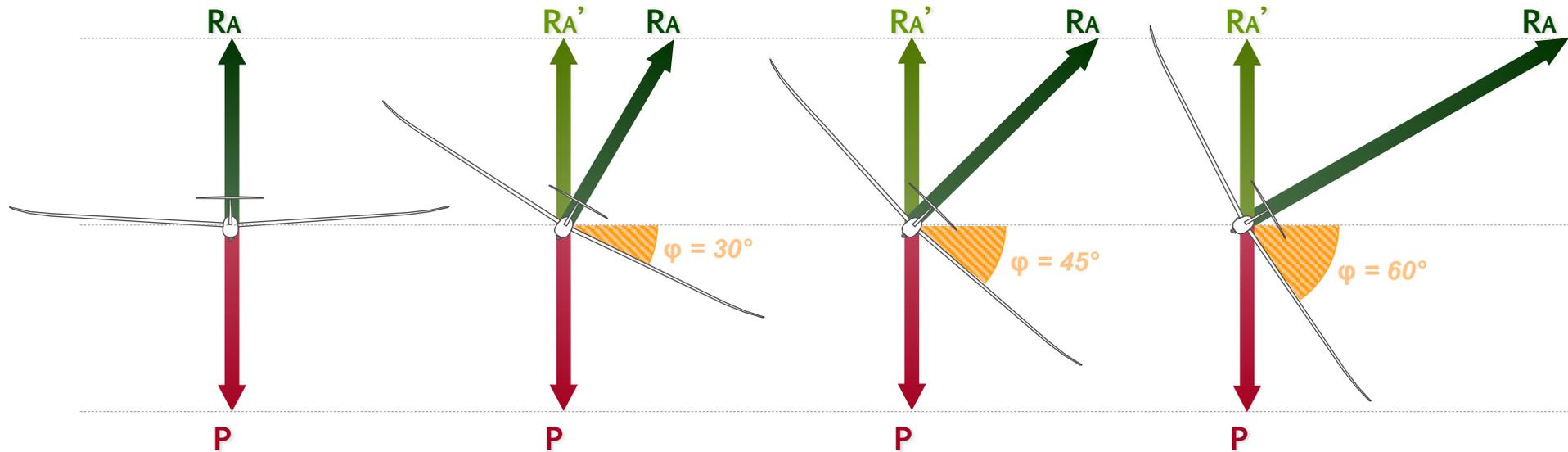


MÉCANIQUE DU VOL



Évolution de la résultante aérodynamique

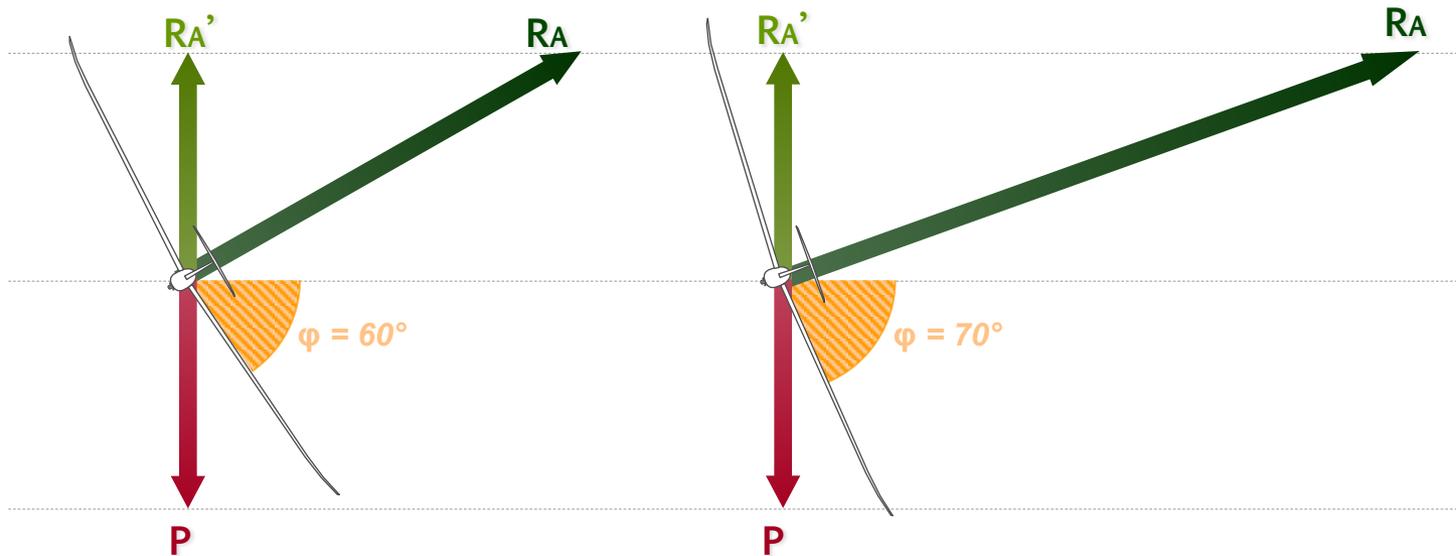
Pour maintenir l'équilibre RA'/P dans le plan vertical, il faut augmenter la valeur de la résultante aérodynamique RA .



RA doit être : doublée à 60° d'inclinaison...



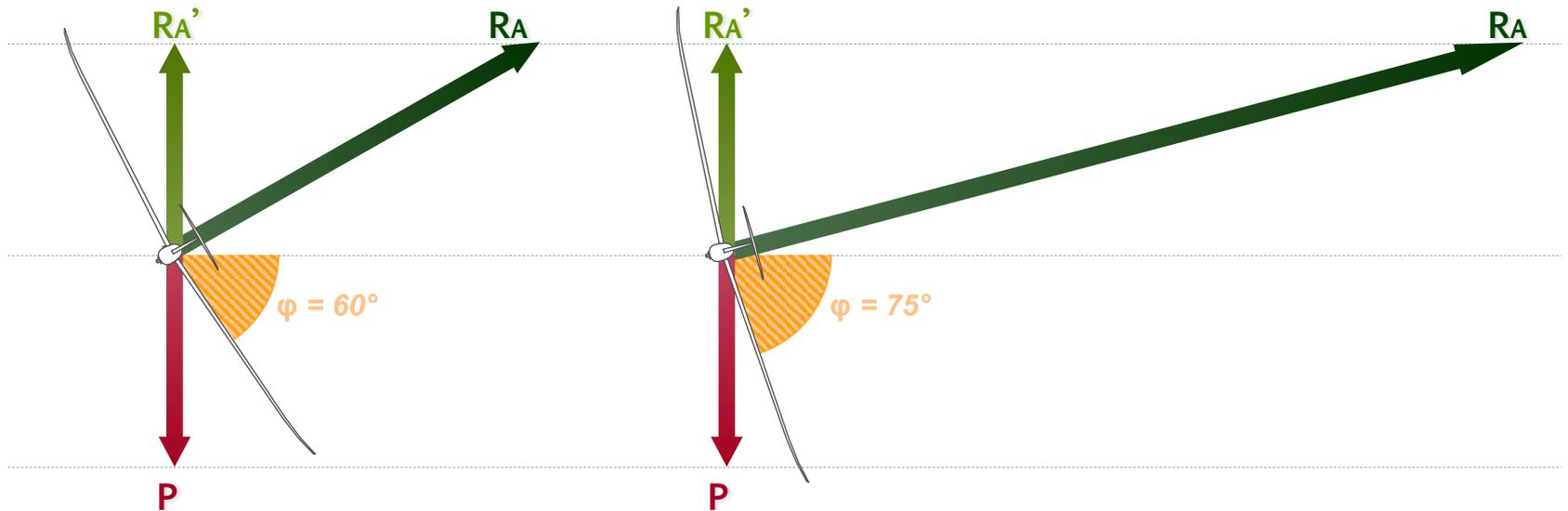
Évolution de la résultante aérodynamique



RA doit être : triplée à 70° d'inclinaison...



Évolution de la résultante aérodynamique



R_A doit être : quadruplée à 75° d'inclinaison...



Rappel : équation de sustentation

$$\text{On a : } \mathbf{RA} = \underbrace{\frac{1}{2}}_{\text{constante}} \rho \cdot S \cdot \mathbf{V}^2 \cdot \mathbf{Cz} ;$$

avec : ρ - masse volumique de l'air
 S - surface alaire du planeur } constantes.

On peut donc simplifier et écrire : $\mathbf{RA} = K \cdot \mathbf{V}^2 \cdot \mathbf{Cz}$

La valeur de la résultante aérodynamique dépend donc du couple (\mathbf{V} ; \mathbf{Cz}).



Conclusion

$$RA = K \cdot V^2 \cdot Cz$$

Pour augmenter la valeur de **RA**, le pilote a donc 3 options :

- ★ augmenter **Cz** en augmentant l'incidence par l'intermédiaire de l'assiette ;
- ★ augmenter la vitesse **V**
- ★ augmenter simultanément **Cz** et **V**



FACTEUR DE CHARGE & VITESSE DE DÉCROCHAGE

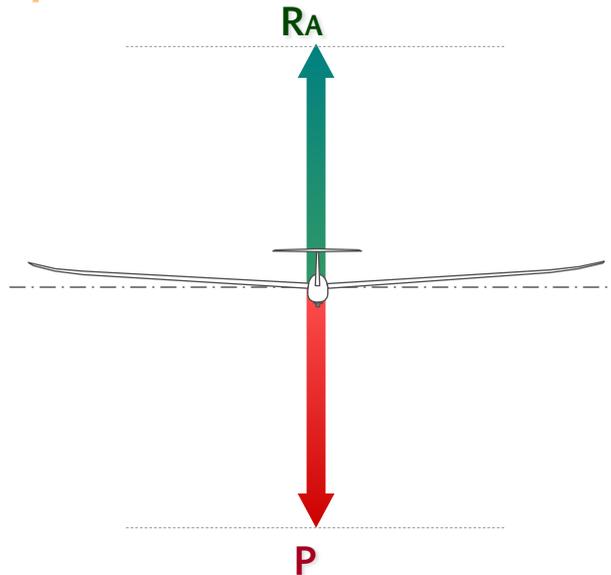


Évolution du facteur de charge...

Le facteur de charge est directement fonction de l'inclinaison en virage ;

$$\text{on a : } n = \frac{1}{\cos \varphi}$$

En ligne droite, $\varphi = 0$!



$$\cos 0^\circ = 1,$$

$$n = \frac{1}{1} = 1$$

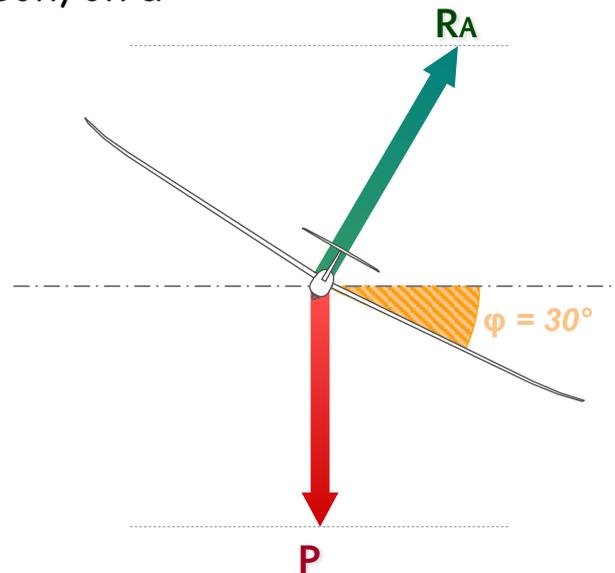


Évolution du facteur de charge...

Le facteur de charge est directement fonction de l'inclinaison en virage :

$$\text{on a : } n = \frac{1}{\cos \varphi}$$

À 30° d'inclinaison, on a :



$$\cos 30^\circ \cong 0,9,$$
$$n = \frac{1}{0,9} \cong 1,15$$

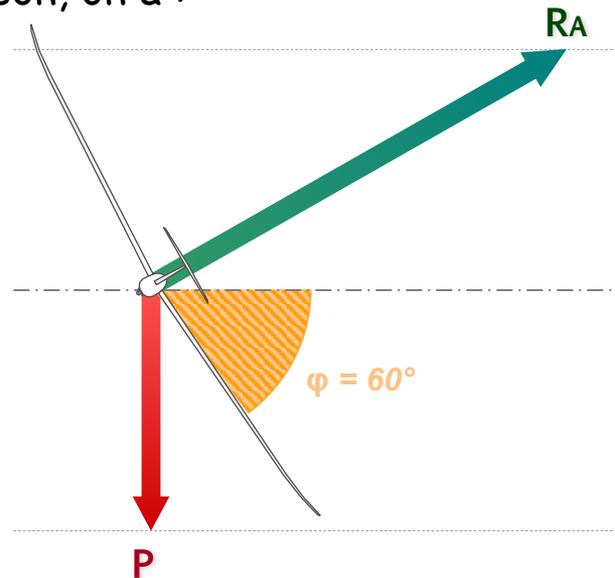


Évolution du facteur de charge...

Le facteur de charge est directement fonction de l'inclinaison en virage :

$$\text{on a : } n = \frac{1}{\cos \varphi}$$

À 60° d'inclinaison, on a :



$$\cos 60^\circ = 0,5,$$
$$n = \frac{1}{0,5} = 2$$

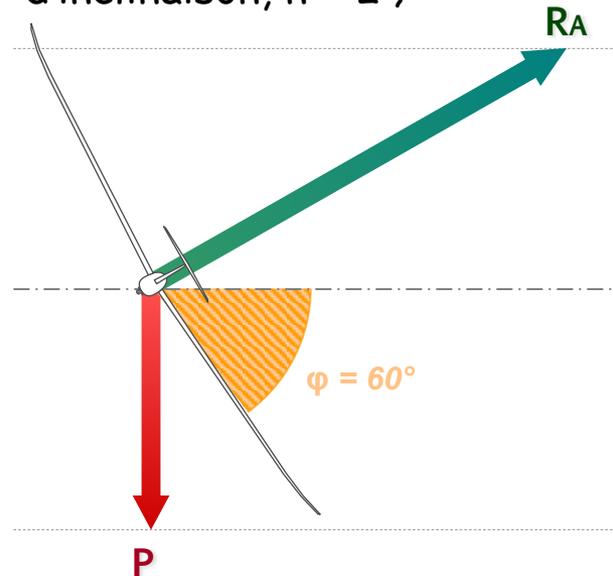


... et de la vitesse de décrochage

La vitesse de décrochage est directement fonction du facteur de charge :

on a : $V_{S_n} = V_{S_{n=1}} \cdot \sqrt{n}$

On a vu qu'à 60° d'inclinaison, $n = 2$;



$$\sqrt{2} \approx 1,41$$

Si la vitesse de décrochage du planeur en ligne droite est de 75 km/h, elle sera de 106 km/h à 60° d'inclinaison.

Conclusion :

pour effectuer un virage à grande inclinaison, il faut augmenter la vitesse.



... et de la vitesse de décrochage

La vitesse de décrochage est directement fonction du facteur de charge :

on a : $V_{S_n} = V_{S_{n=1}} \cdot \sqrt{n}$

On pourra retenir que :

à 15° d'inclinaison, la vitesse de décrochage est majorée d'environ 2% :

$$V_{S_{15^\circ}} = V_{S_{0^\circ}} + 2\%$$

à 30° d'inclinaison, la vitesse de décrochage est majorée d'environ 10% :

$$V_{S_{30^\circ}} = V_{S_{0^\circ}} + 10\%$$

à 45° d'inclinaison, la vitesse de décrochage est majorée d'environ 20% :

$$V_{S_{45^\circ}} = V_{S_{0^\circ}} + 20\%$$

à 60° d'inclinaison, la vitesse de décrochage est majorée d'environ 40%.

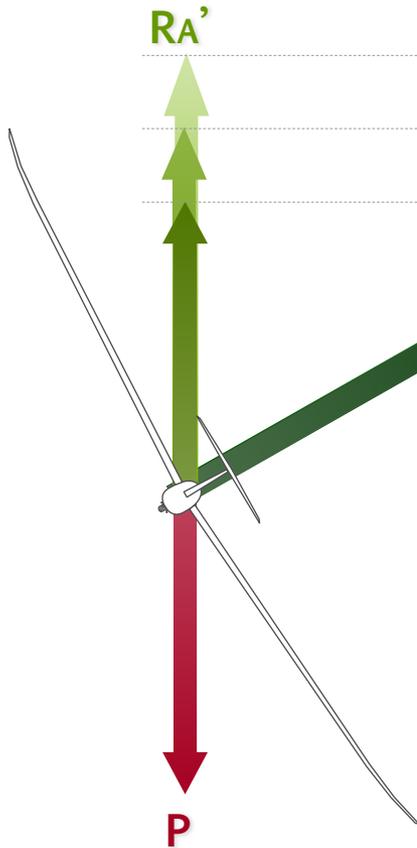
$$V_{S_{60^\circ}} = V_{S_{0^\circ}} + 40\%$$



CONTRÔLE DE LA TRAJECTOIRE VERTICALE



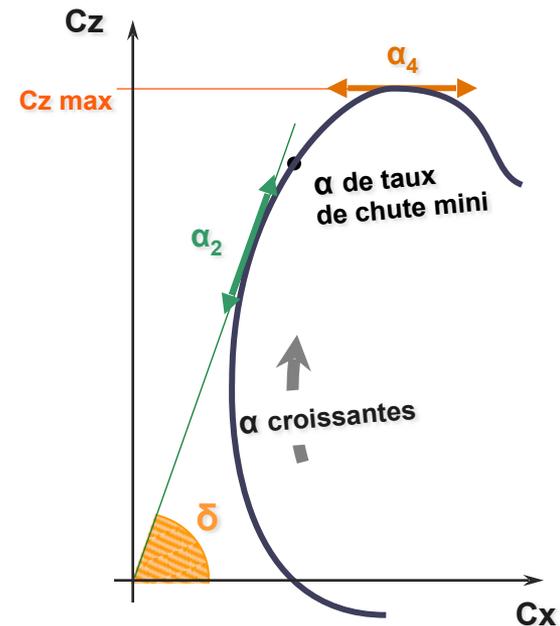
Par la valeur de la résultante aérodynamique



On ajuste la valeur de RA , en jouant sur l'équilibre $\frac{RA'}{P}$.

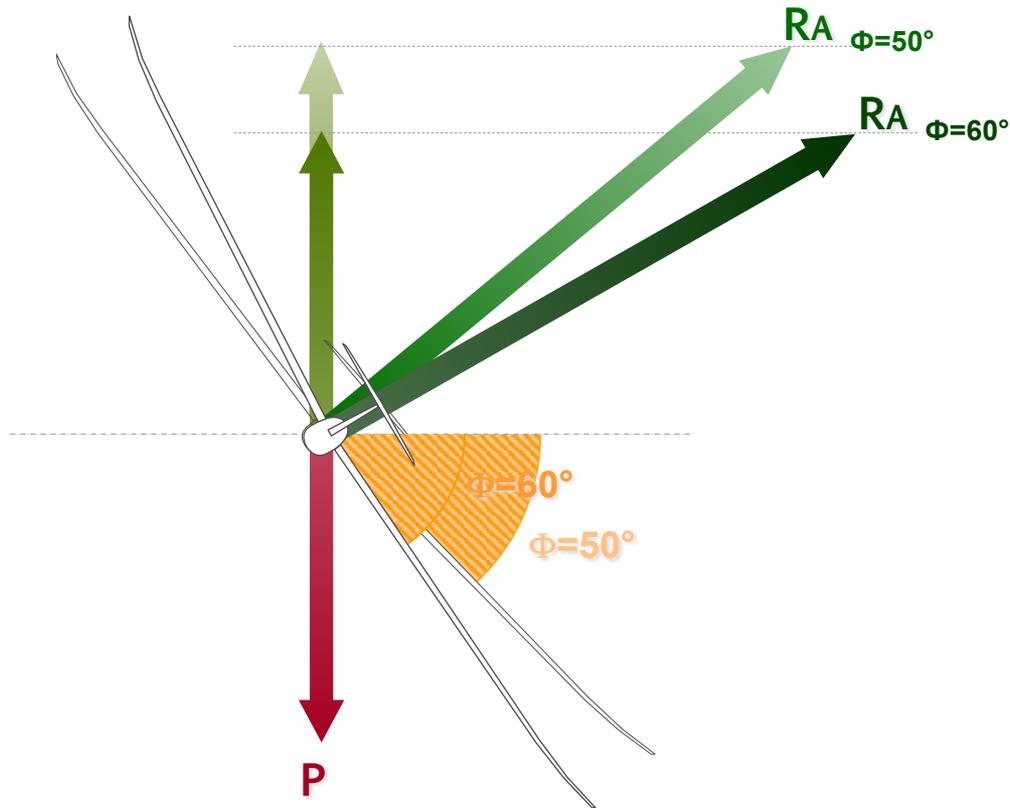
De faibles variations de RA' imposent de fortes modifications de RA donc de l'incidence.

Compte tenu de la proximité de l'incidence de décrochage, la possibilité d'augmenter RA est très limitée.



Par modification de l'inclinaison

S'il n'est plus possible d'équilibrer **P** en augmentant **RA**, il faut diminuer l'inclinaison.



Diminuer l'inclinaison de 10° revient à augmenter **RA** de 25% !



ROULIS INDUIT & SYMÉTRIE DU VOL EN VIRAGE À GRANDE INCLINAISON

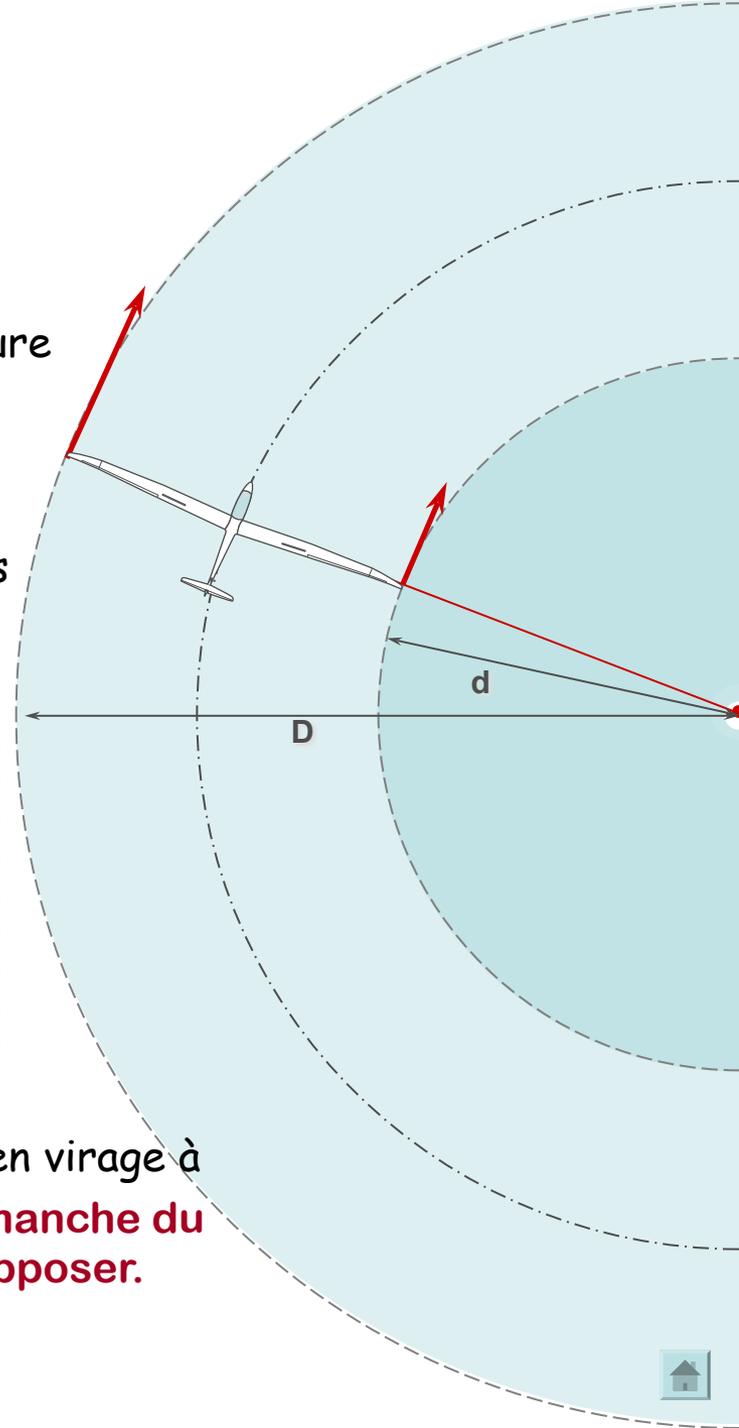
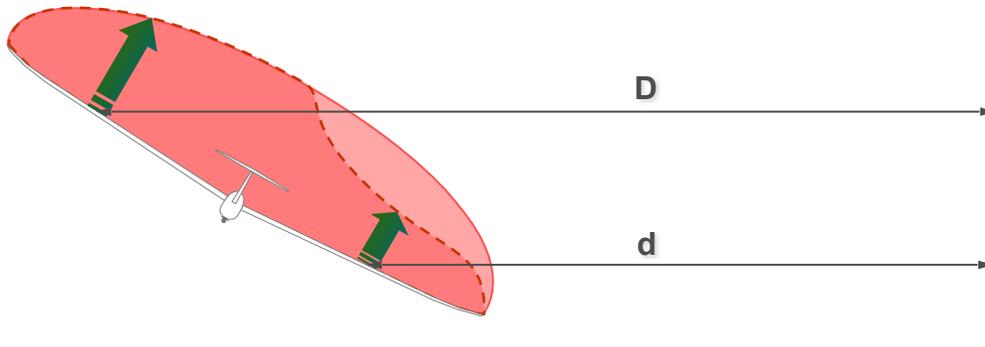


Rappel : le roulis induit

En virage à grande inclinaison, la vitesse de l'aile extérieure est plus importante que celle de l'aile intérieure.

On a : $V_{\text{aile ext.}} \gg V_{\text{aile int.}}$...

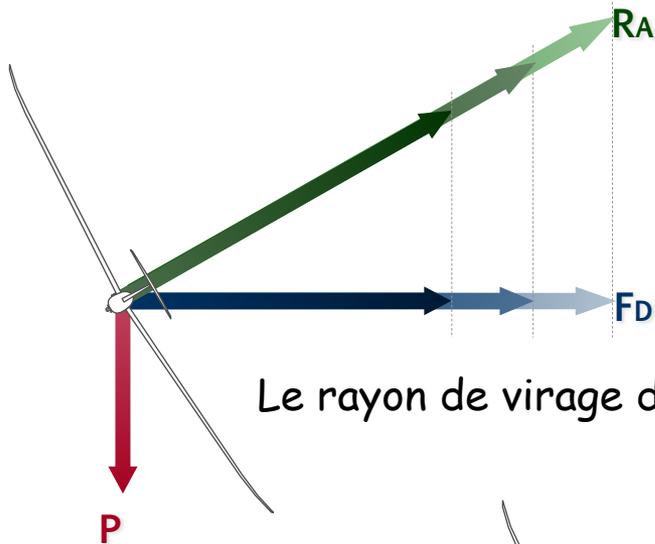
... la portance sur l'aile extérieure est donc plus grande que sur l'aile intérieure.



Le roulis induit est ainsi beaucoup plus important qu'en virage à moyenne inclinaison. **Une action permanente sur le manche du côté opposé au virage est nécessaire pour s'y opposer.**

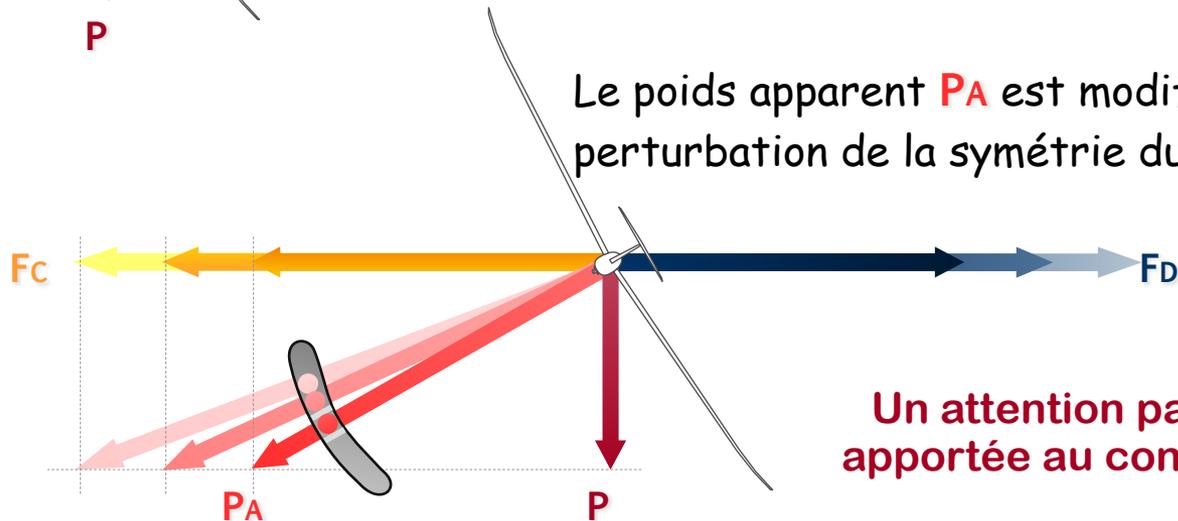


Symétrie du vol



En augmentant R_A , on augmente la force déviatrice F_D .

Le rayon de virage diminue et la force centrifuge F_C augmente.



Le poids apparent P_A est modifié à son tour et induit une perturbation de la symétrie du vol.

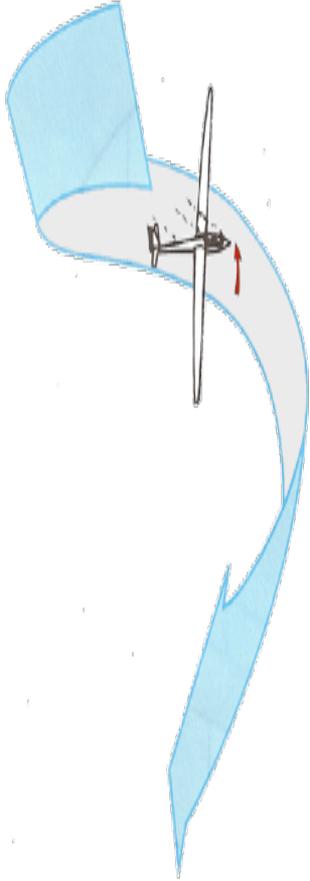
Un attention particulière doit être apportée au contrôle de la symétrie.



VIRAGE ENGAGÉ



Origines du virage engagé



Le virage engagé est la conséquence :

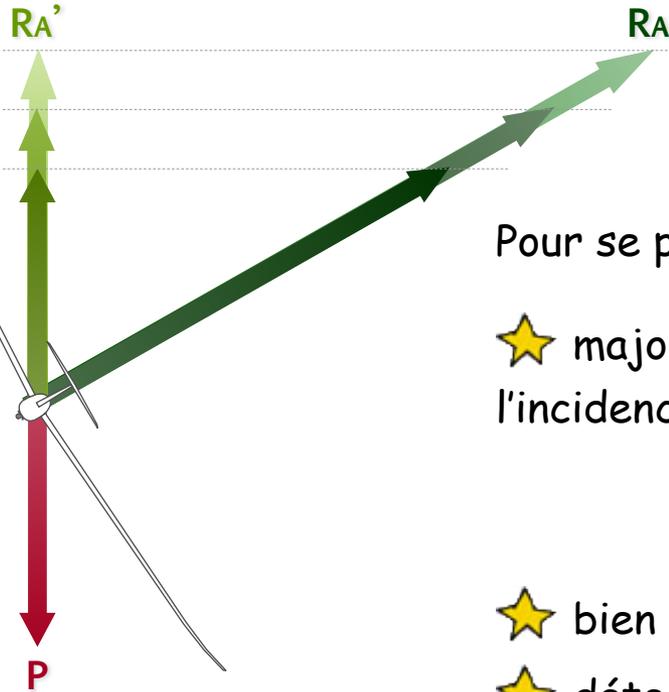
- ★ d'une résultante aérodynamique d'intensité insuffisante (incidence ou vitesse trop faible),
- ★ d'une inclinaison trop forte qui ne permet pas d'établir une composante RA' de valeur suffisante.

Il en résulte une perte de contrôle :

- ★ de l'assiette (variation à piquer) ;
- ★ de l'inclinaison ;
- ★ de l'assiette et de l'inclinaison.



Prévention du virage engagé



Pour se protéger d'un départ en virage engagé, il faut :

★ majorer sa vitesse et/ou augmenter **Cz** en augmentant l'incidence, pour conserver l'équilibre dans le plan vertical ;

$$\left[\mathbf{RA} = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V^2 \cdot \mathbf{Cz} ; \right]$$

★ bien contrôler la symétrie et les effets induits ;

★ détecter immédiatement toute variation d'assiette à piquer, lors d'un virage à grande inclinaison.



Sortie de virage engagé



Pour sortir de virage engagé, il convient d'agir rapidement sur ses causes ;
d'où l'ordre des actions :

- 1. retour à inclinaison nulle**
- 2. puis ressource souple pour revenir à l'assiette de référence**

Éventuellement sur planeur moderne, sortie des AF pour contenir la vitesse (ne pas oublier que dans ce cas là, le facteur de charge limite est de 3,5G à la VNE - voir manuel de vol)



Ne jamais tirer sur le manche

Compte tenu de l'inclinaison importante, une action à cabrer ne permet plus de rétablir l'équilibre dans le plan vertical.

Par contre, une action à cabrer, aura pour conséquences :



accentuation
de la pente
de la trajectoire

perte de hauteur
rapide et importante

COLLISION AVEC LE SOL

augmentation rapide
de la vitesse
et du facteur de charge

dépassement du
domaine de vol

RUPTURE DU PLANEUR



BIBLIOGRAPHIE et RÉFÉRENCES

Manuel du pilote vol à voile

Le virage à grande inclinaison p°173

Vol aux grands angles d'incidence p°138

Guide de l'instructeur vol à voile

Virage à grande inclinaison et virage engagé p° 91 et suivantes

Mécanique du vol des planeurs

Virage à grande inclinaison – chapitre XIV

