

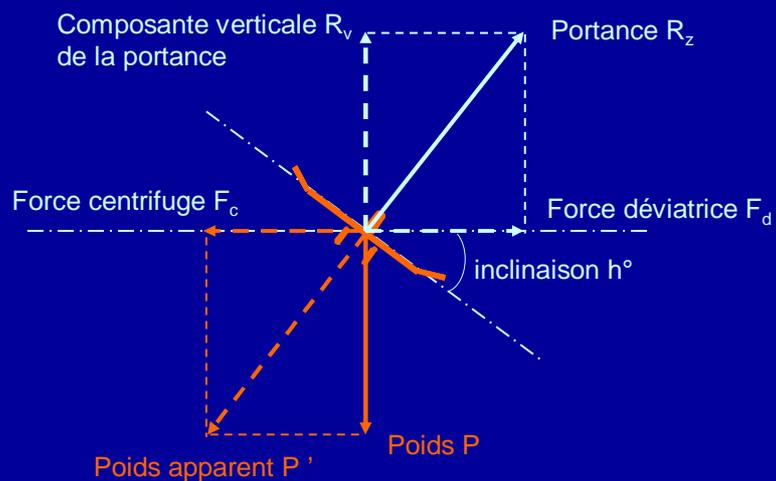
VOL EN VIRAGE

16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

1

VIRAGE : Forces en présence lors du vol en palier

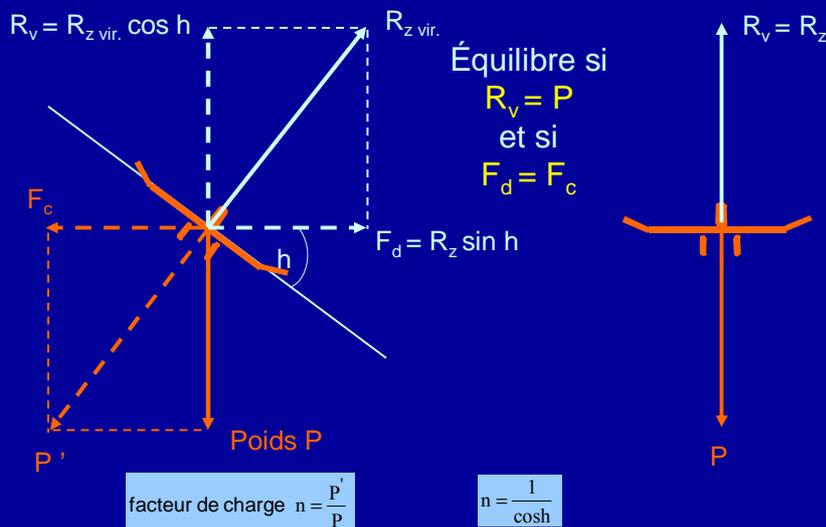


16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

2

VIRAGE EN PALIER : équation de sustentation

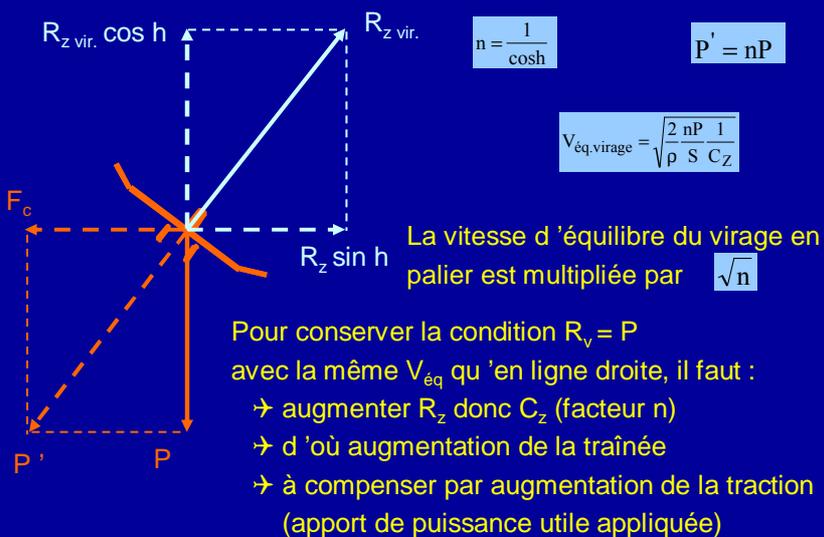


16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
 Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

3

VIRAGE EN PALIER : équation de sustentation

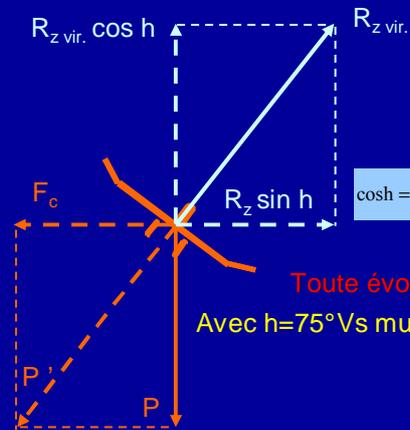


16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
 Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

4

VIRAGE EN PALIER : inclinaison maximum par facteur de charge limite et Vs (décrochage)



Facteur de charge maximum :
cf manuel de vol DR400-140B
Catégorie « N » volets rentrés
n entre +3,8 et - 1,9 g

$$\cosh = \frac{1}{n} \quad n = \frac{1}{\cosh} \quad n = 3,8$$

$$\cosh = 1/3,8 = 0,263 \text{ soit } h = 75^\circ$$

Toute évolution doit être exécutée à $V > 1,3 V_s$
Avec $h=75^\circ V_s$ multiplié par $\sqrt{3,8}$ soit par 1,95
 $V_s = 99 \text{ kmh} \times 1,95$
soit $V_s = 193 \text{ kmh}$

$$1,3 V_s : 1,3 \times 193 = 250 \text{ kmh !!!!}$$

impossible en palier avec la puissance utile appliquée disponible !

16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

5

VIRAGE EN PALIER : inclinaison maximum par facteur de charge limite et Vs (décrochage)

Règle de sécurité : en virage la vitesse d'évolution V doit toujours être supérieure de 30% à la vitesse minimale de sustentation (vitesse dite de "décrochage") pour l'inclinaison du virage : soit un coefficient de 1,3. Les vitesses minimales d'évolution V et inclinaisons de sécurité sont données ci-dessous selon la valeur du rapport V/Vs (Vs étant la vitesse de décrochage à inclinaison nulle) et la position des volets, cela jusqu'au facteur de charge "n" maximum en catégorie "N" (normale).

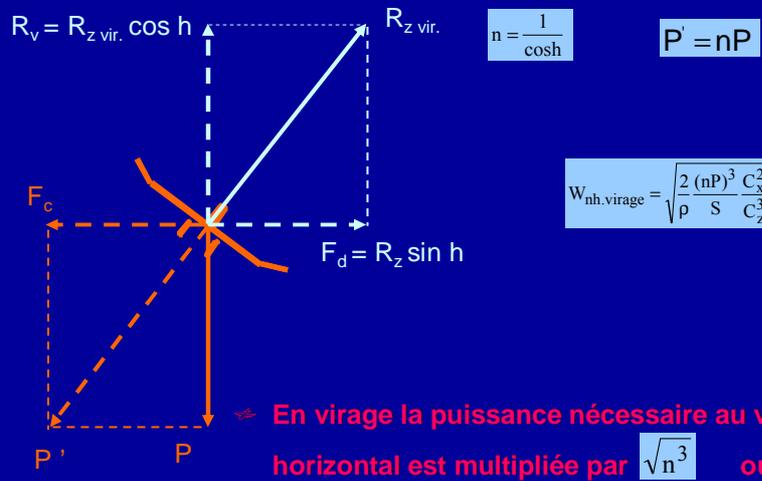
Rapport V/Vs	1	1,10	1,15	1,20	1,30	1,30	1,31	1,34	1,40	1,45	1,49	1,55	1,62	1,70	1,83	2,00	2,20	2,54
cos h (h : inclinaison)	Pas de virage ou à h < 5°																	
n	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,02	1,06	1,15	1,24	1,32	1,42	1,55	1,71	1,97	2,37	2,86	3,80
Inclinaison de sécurité en palier	0°	0°	0°	0°	0°	6°	0°	20°	30°	37°	40°	45°	50°	54°	60°	65°	70°	75°
DR42-Vitesse sécurité volets rentrés	95	105	109	114	124	124	125	127	133	138	142	147	154	162	173	190	209	241
DR42-Vitesse sécurité volets 1er cran	90	99	104	108	117	117	118	121	126	131	134	140	146	153	164	180	198	228
DR42-Vitesse sécurité volets 2è cran	85	94	98	102	111	111	111	114	119	123	127	132	138	145	155	170	187	215
Vitesses en km/h																		
DR44-Vitesse sécurité volets rentrés	99	109	114	119	129	129	130	133	138	144	148	153	160	168	181	198	218	251
DR44-Vitesse sécurité volets 1er cran	93	102	107	112	121	121	122	125	130	135	139	144	151	158	170	186	205	236
DR44-Vitesse sécurité volets 2è cran	87	96	100	104	113	113	114	117	122	126	130	135	141	148	159	174	191	221
DR46-Vitesse sécurité volets rentrés	103	113	118	124	134	134	135	138	144	149	154	160	167	175	188	206	227	261
DR46-Vitesse sécurité volets 1er cran	97	107	112	116	126	126	127	130	136	141	145	150	157	165	177	194	213	246
DR46-Vitesse sécurité volets 2è cran	93	102	107	112	121	121	122	125	130	135	139	144	151	158	170	186	205	236
<div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> Vitesses en finale pour atterrissage sur piste courte, sans vent </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> Vitesse en finale pour atterrissage avec performances du manuel de vol, sans vent </div> </div>																		

16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

6

VIRAGE EN PALIER : équation de propulsion

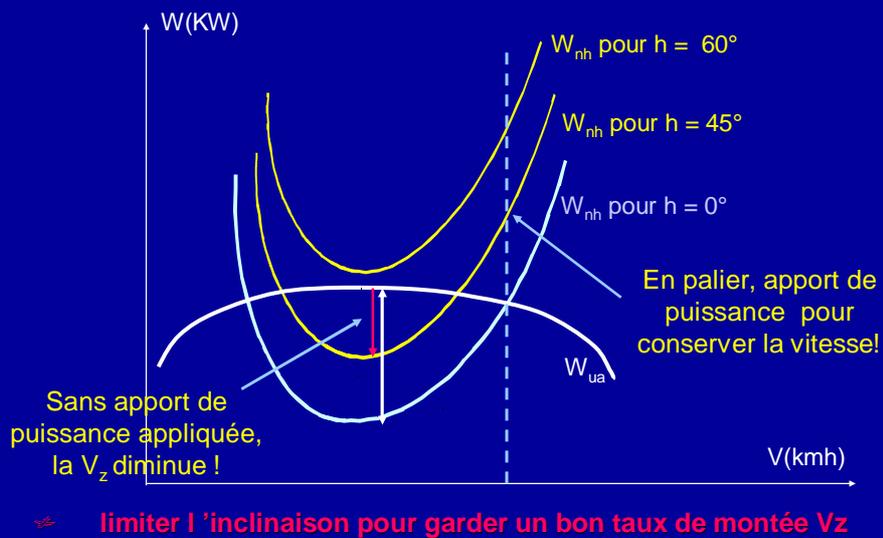


16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

7

VIRAGE : évolution de la courbe de puissance nécessaire au vol

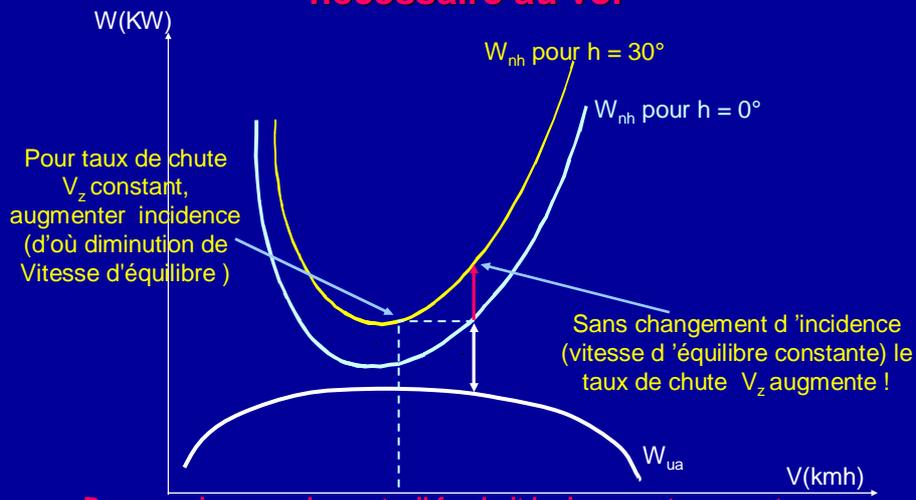


16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

8

VIRAGE : évolution de la courbe de puissance nécessaire au vol



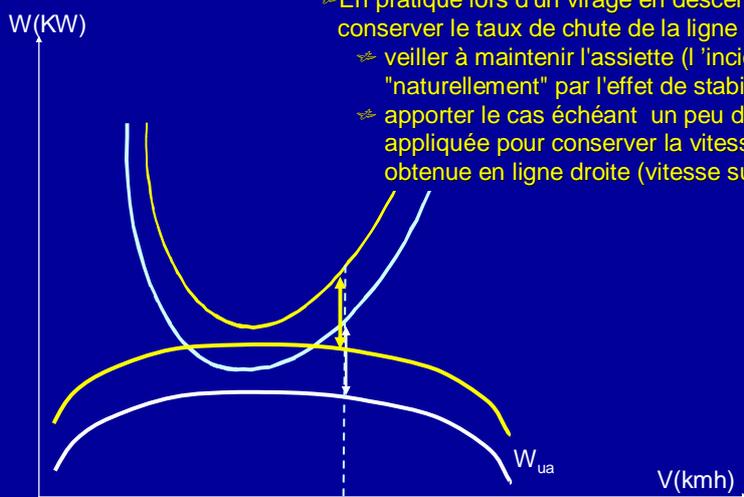
➤ Dans un virage en descente, il faudrait logiquement augmenter l'incidence et la puissance appliquée pour conserver la vitesse et le taux de chute de la ligne droite

16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

9

VIRAGE : évolution de la courbe de puissance nécessaire au vol



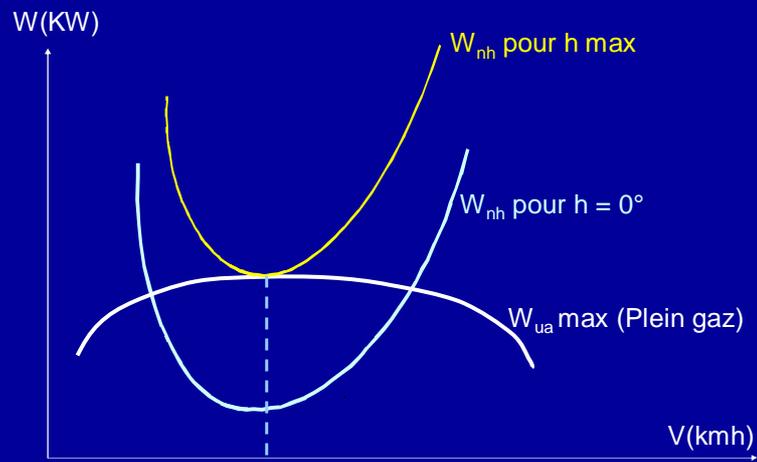
- En pratique lors d'un virage en descente, pour conserver le taux de chute de la ligne droite :
 - veiller à maintenir l'assiette (l'incidence augmente "naturellement" par l'effet de stabilité en tangage)
 - apporter le cas échéant un peu de puissance appliquée pour conserver la vitesse d'équilibre obtenue en ligne droite (vitesse sur trajectoire)

16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

10

VIRAGE EN PALIER : inclinaison maximum, hors facteur de charge limite et décrochage



➤ **Plein gaz, l'inclinaison maximum est obtenue à la vitesse plafond**

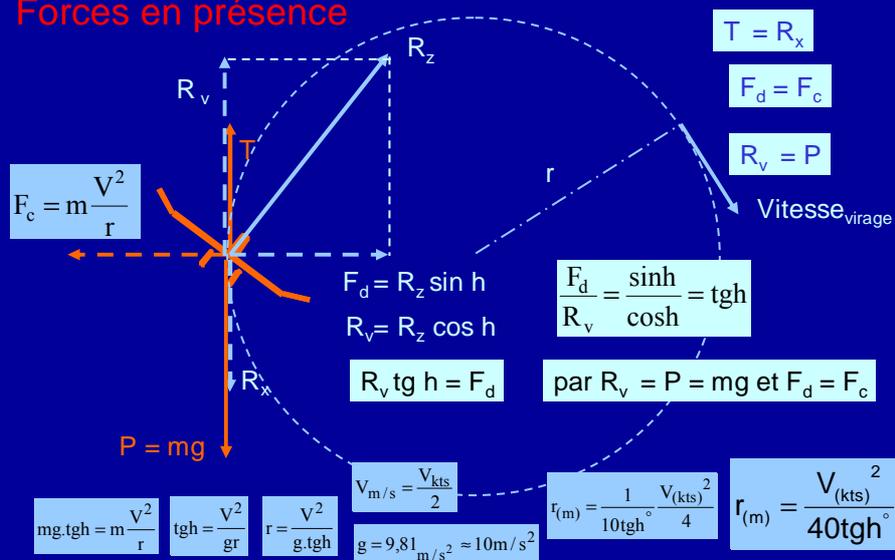
16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

11

RAYON DE VIRAGE

Forces en présence



16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

12

RAYON DE VIRAGE (ordre de grandeur)

$$r_{(m)} = \frac{V_{(kts)}^2}{40 \operatorname{tgh}^\circ}$$

V = 80 kts
h = 15°
h = 30°
h = 60°

V = 100 kts
h = 15°
h = 30°
h = 60°

V = 150 kts
h = 15°
h = 30°
h = 60°

	V = 80 kts	V = 100 kts	V = 150 kts
tg 15° = 0,25	$r = \frac{64 \cdot 10^2}{40 \cdot 0,25} = 640\text{m}$	$r = \frac{10^4}{40 \cdot 0,25} = 1000\text{m}$	$r = \frac{22,5 \cdot 10^2}{40 \cdot 0,25} = 2250\text{m}$
tg 30° = 0,6	$r = \frac{64 \cdot 10^2}{40 \cdot 0,6} = 260\text{m}$	$r = \frac{10^4}{40 \cdot 0,6} = 416\text{m}$	$r = \frac{22,5 \cdot 10^2}{40 \cdot 0,6} = 930\text{m}$
tg 60° = 1,7	$r = \frac{64 \cdot 10^2}{40 \cdot 1,7} = 100\text{m}$	$r = \frac{10^4}{40 \cdot 1,7} = 150\text{m}$	$r = \frac{22,5 \cdot 10^2}{40 \cdot 1,7} = 330\text{m}$

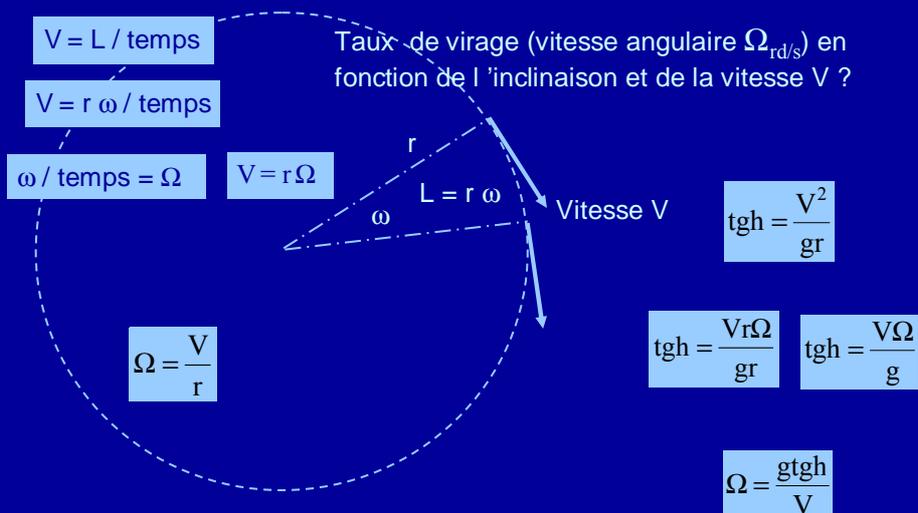
⚠ **Attention : vitesse de sécurité ≥ 1,3 fois la Vitesse minimale de sustentation !**

16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

13

TAUX DE VIRAGE



16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

14

TAUX DE VIRAGE



16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

15

TAUX DE VIRAGE STANDARD

Taux de virage standard : 1 tour (2π rd) en 2 mn

Quelle inclinaison adopter ?

Ω rd/s pour 1 tour en 2 mn = $2\pi/2 \times 60 = \pi/60$ rd/s

$$\Omega = \frac{g \tan \theta}{V}$$

$$\tan \theta = \frac{V \Omega}{g}$$

Vitesse V

A faible inclinaison
($< 20^\circ$)

$$\tan \theta \approx \frac{\theta}{60}$$

$$\frac{\theta}{60} = \frac{V \Omega}{g}$$

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2} \approx 10 \frac{m}{s^2}$$

$$V_{m/s} = \frac{V_{kts}}{2}$$

$$\frac{\theta}{60} = \frac{V_{kts}}{2} \times \frac{1}{10} \times \frac{\pi}{60}$$

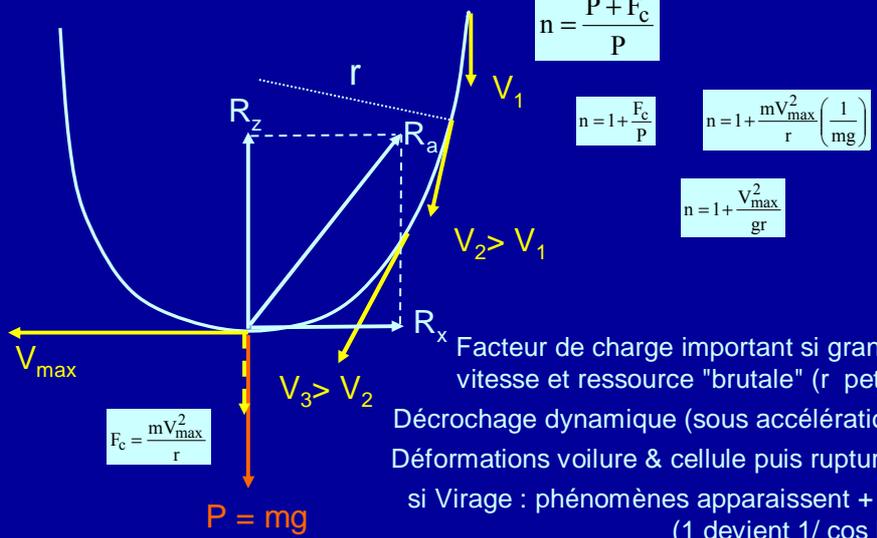
$$\theta_{virage.std} \approx 0,15 V_{(kts)}$$

16/10/2008

Formation théorique Pilote privé Avion (PPL)
Aéroclub du CE AIRBUS France Toulouse René Barbaro

16

Facteur de charge en sortie d'un piqué



Facteur de charge important si grande vitesse et ressource "brutale" (r petit)
 Décrochage dynamique (sous accélération)
 Déformations voilure & cellule puis rupture!
 si Virage : phénomènes apparaissent + tôt
 (1 devient 1/ cos h°)