

HISTOIRE DE

L'AEROSTATION ET

L'AVIATION (1783 – 1939)

- **Jacques Peter**

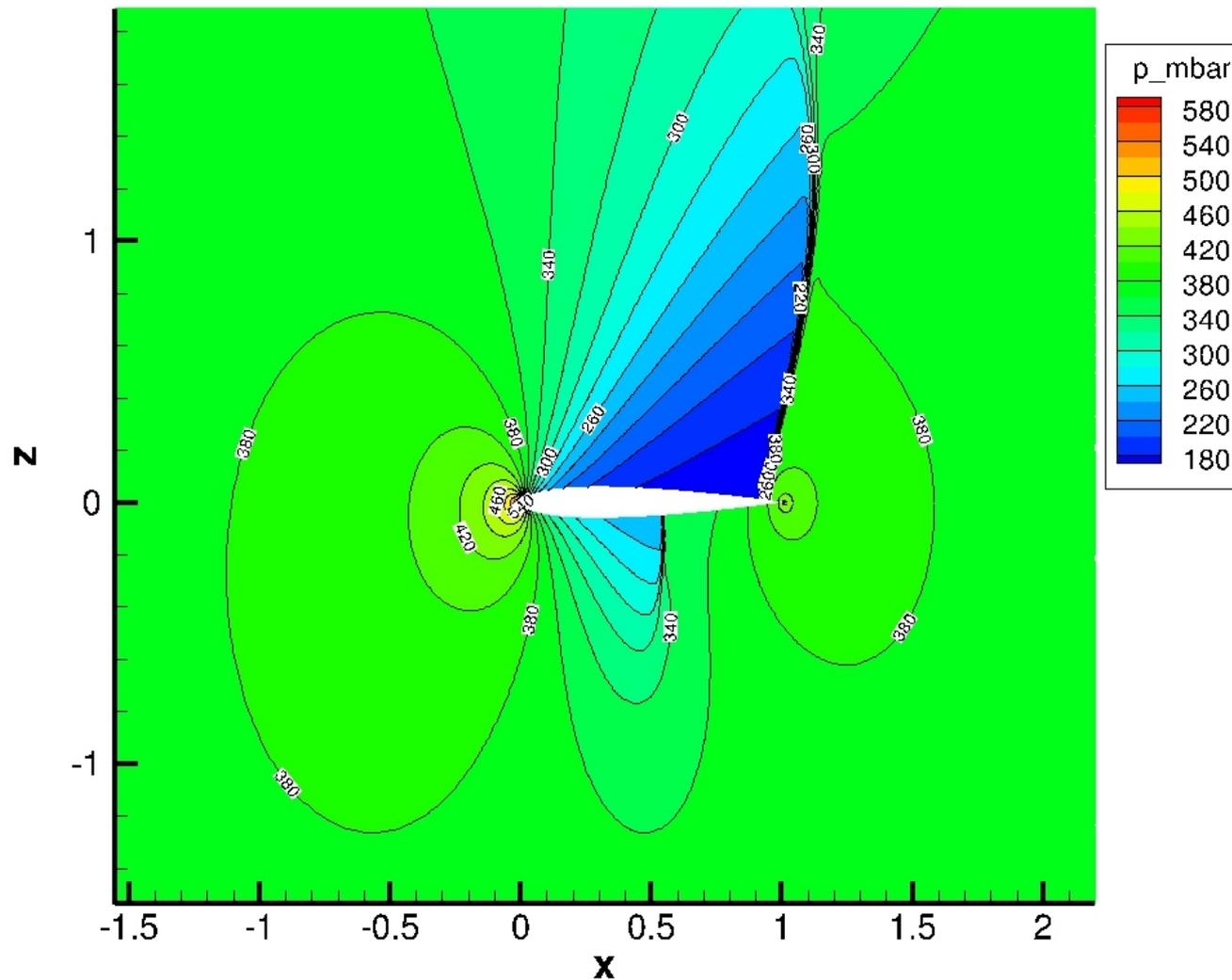
- Maître de Recherches et responsable d'activités à l'ONERA (Office National d'Études et Recherches Aérospatiales)
- Aérodynamique
- Simulation aérodynamique

AERODYNAMIQUE

- Variation de la vitesse de l'air, de la température et de la pression autour d'un avion
- Variations beaucoup plus fortes que celles observées sur une carte météo à cause du mouvement très rapide de l'avion dans l'air

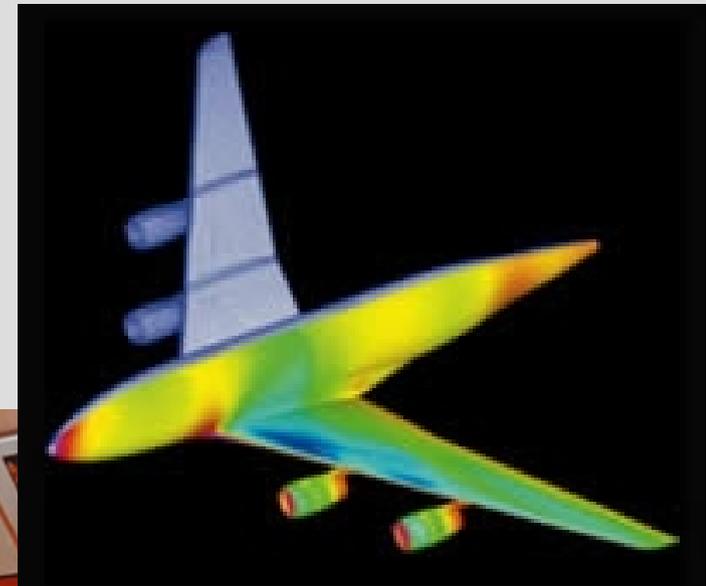
AERODYNAMIQUE

Pression autour d'une aile d'avion volant à 10km d'altitude à 915 km/h
Pression moyenne 370 mbar Amplitude des pressions 400 mbar



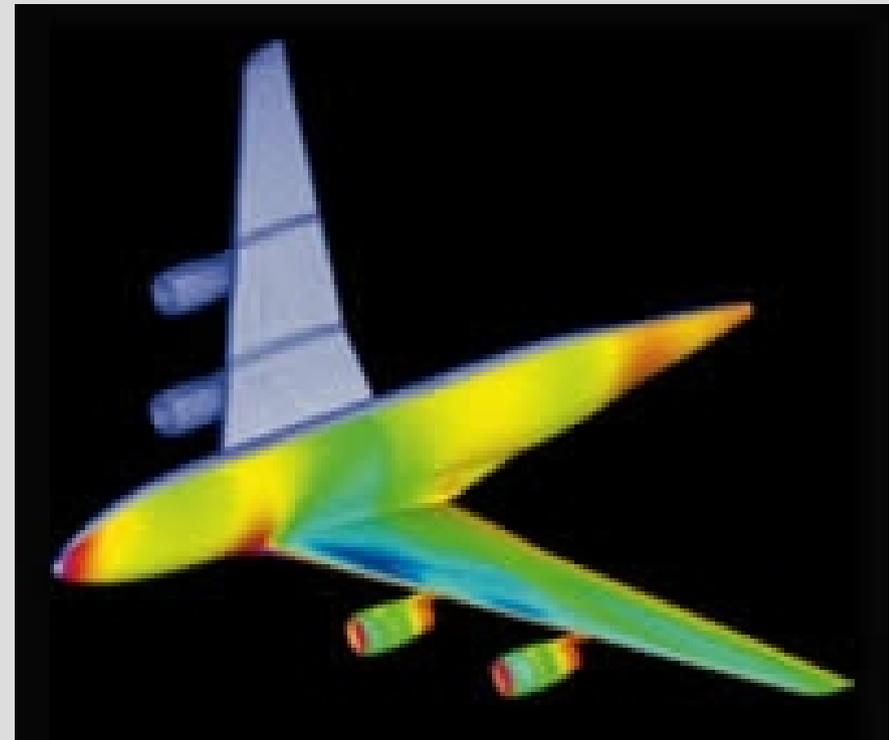
AERODYNAMIQUE AERONAUTIQUE

- Essai en vol / soufflerie / simulation numérique



AERODYNAMIQUE AERONAUTIQUE

Soufflerie / simulation numérique



SOUFFLERIE AERODYNAMIQUE SIMILITUDE

Vol réel

- **Vitesse de l'avion = 85% de la vitesse du son**

À 8 km d'altitude à

942km/h = $0.85 * 1108$ km/h

À 12 km d'altitude à

900km/h = $0.85 * 1062$ km/h



Soufflerie

- Vitesse du son au niveau de la mer = 1225 km/h

Vitesse à laquelle il faut souffler l'air dans la soufflerie = **85% de la vitesse du son**

$0.85 * 1225 = 1040$ km/h



SOUFFLERIE AERODYNAMIQUE SIMILITUDE

Vol réel et soufflerie

- Conditions pour pouvoir comprendre le vol de l'avion à partir de l'essai en soufflerie
- 1/ Vitesse de l'air par rapport à l'avion = même pourcentage de la vitesse du son. Similitude en nombre de Mach. Réalisable
- 2/ Similitude en nombre de Reynolds... Énorme casse-tête !!! Oblige à avoir une grande maquette/grande soufflerie et (ou) une soufflerie où la pression est forte et la température est basse



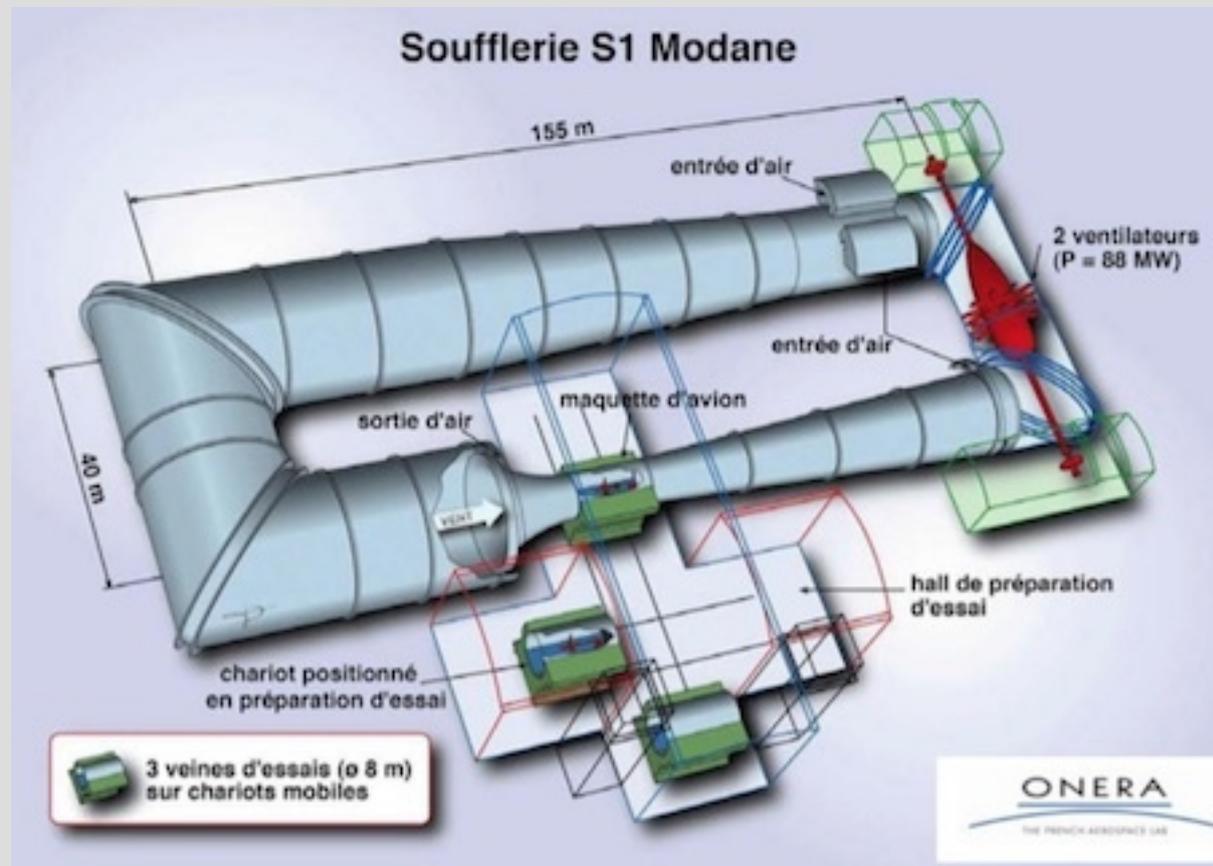
SOUFFLERIE AERODYNAMIQUE SIMILITUDE

- Première solution = grandes maquettes / grande soufflerie (température et pression atmosphérique)
- Exemple soufflerie S1 Modane de l'ONERA
- Maquette jusqu'à 4m, veine de 8m de diamètre, énergie par chute d'eau (840m), vent dans la soufflerie jusqu'à 1200 km/h...



SOUFFLERIE AERODYNAMIQUE SIMILITUDE

- Première solution = grande maquettes / grande soufflerie (température et pression atmosphérique)
- Exemple soufflerie S1 Modane de l'ONERA



SOUFFLERIE AERODYNAMIQUE SIMILITUDE

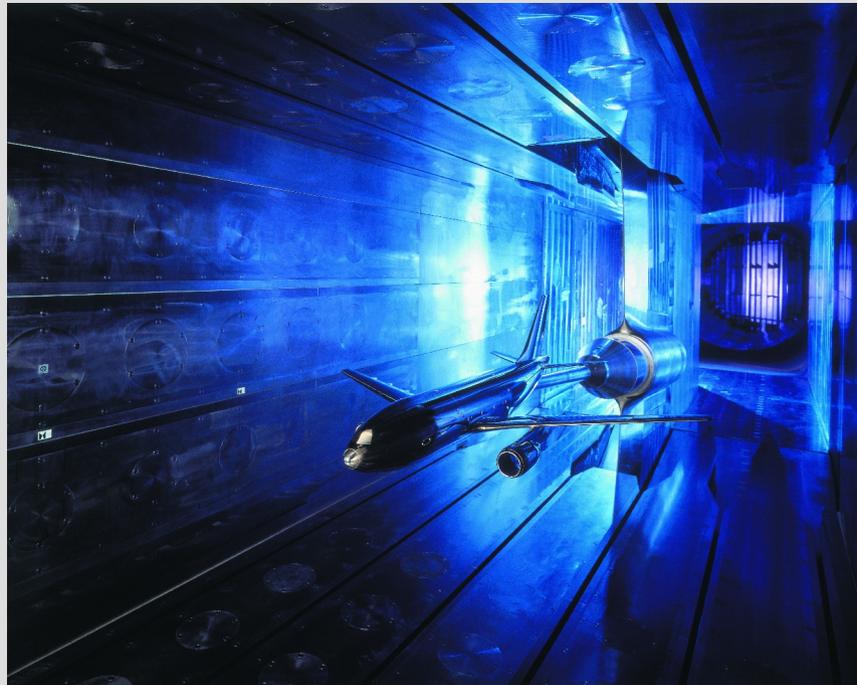
- Première solution = grande maquettes / grande soufflerie (température et pression atmosphérique)

Exemple soufflerie S1 Modane de l'ONERA



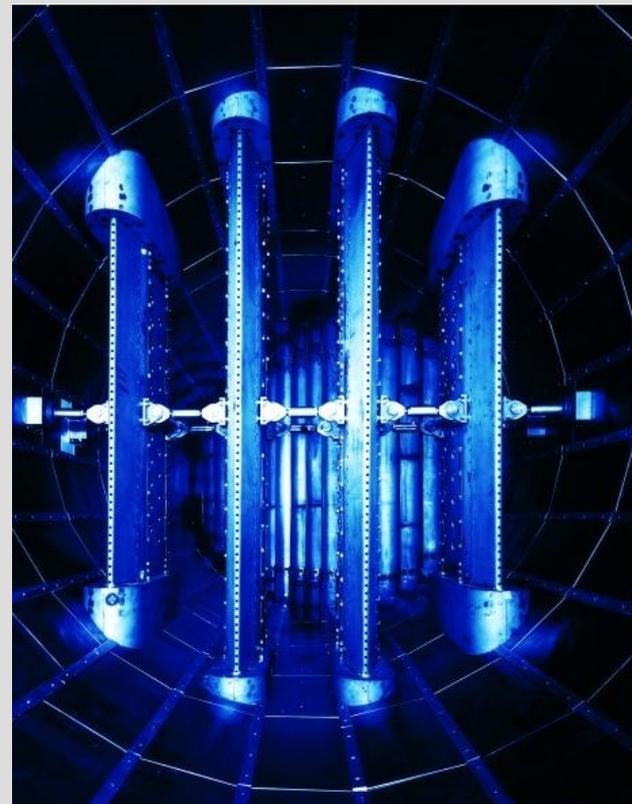
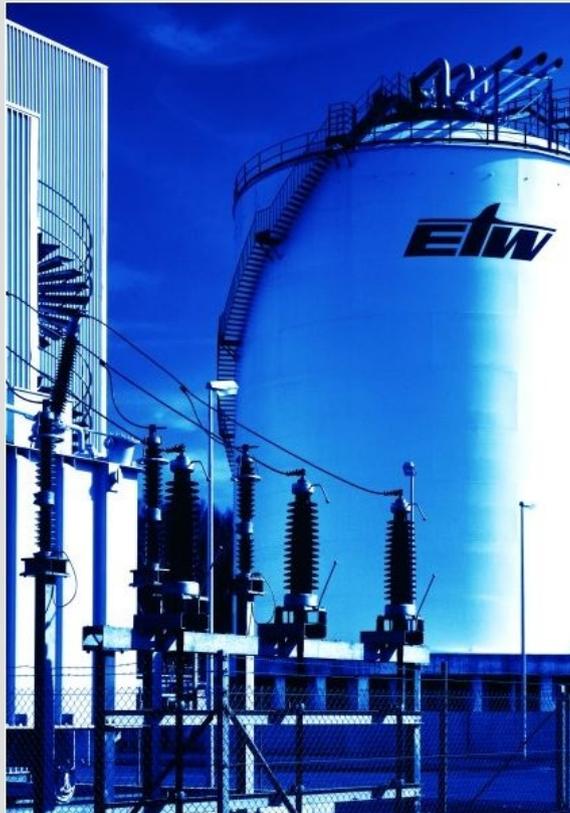
SOUFFLERIE AERODYNAMIQUE SIMILITUDE

- Deuxième solution = petite maquette / petite soufflerie très basse température et très forte pression
- Exemple soufflerie européenne ETW à Cologne. Pression 4,5 bar = 4500 mbar, température -160 degré (azote liquide).
- Maquette jusqu'à 1m. Taille de la veine 2m



SOUFFLERIE AERODYNAMIQUE SIMILITUDE

- Deuxième solution = petite maquette / petite soufflerie très basse température et très forte pression
- Exemple soufflerie européenne ETW à Cologne. Pression 4,5 bar = 4500 mbar, température -160 degré (azote liquide)



SOUFFLERIE AERODYNAMIQUE SIMILITUDE

- Deuxième solution = petite maquette / petite soufflerie très basse température et très forte pression
- Exemple soufflerie européenne ETW à Cologne. Pression 4,5 bar = 4500 mbar, température -160 degré (azote liquide)



SOUFFLERIE AERODYNAMIQUE SIMILITUDE

- Deuxième solution = petite maquette / petite soufflerie très basse température et très forte pression
- Exemple soufflerie européenne ETW à Cologne. Pression 4,5 bar = 4500 mbar, température -160 degré (azote liquide)



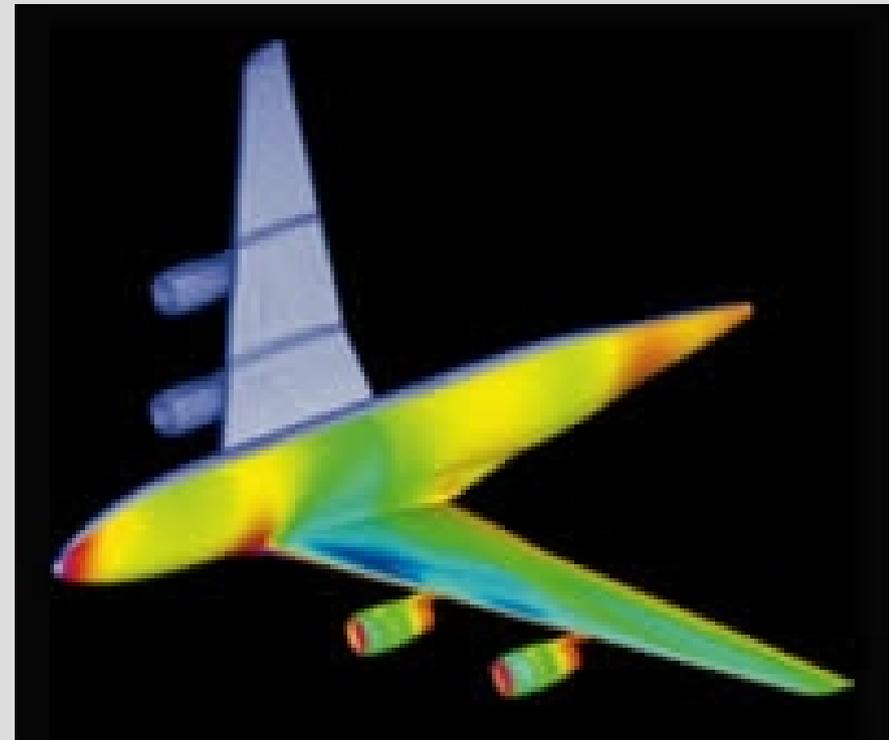
SOUFFLERIE AERODYNAMIQUE SIMILITUDE

- Deuxième solution = petite maquette / petite soufflerie très basse température et très forte pression
- Exemple soufflerie européenne ETW à Cologne. Pression 4,5 bar = 4500 mbar, température -160 degré (azote liquide)

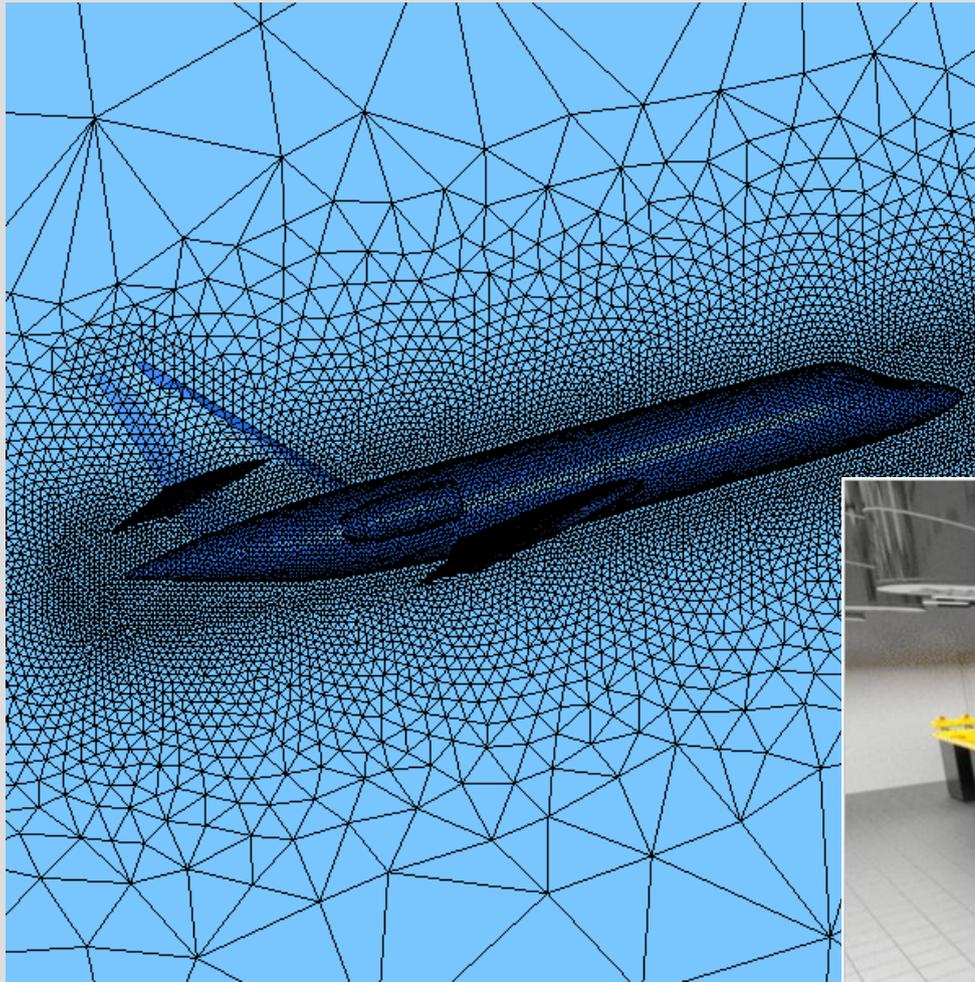


AERODYNAMIQUE AERONAUTIQUE

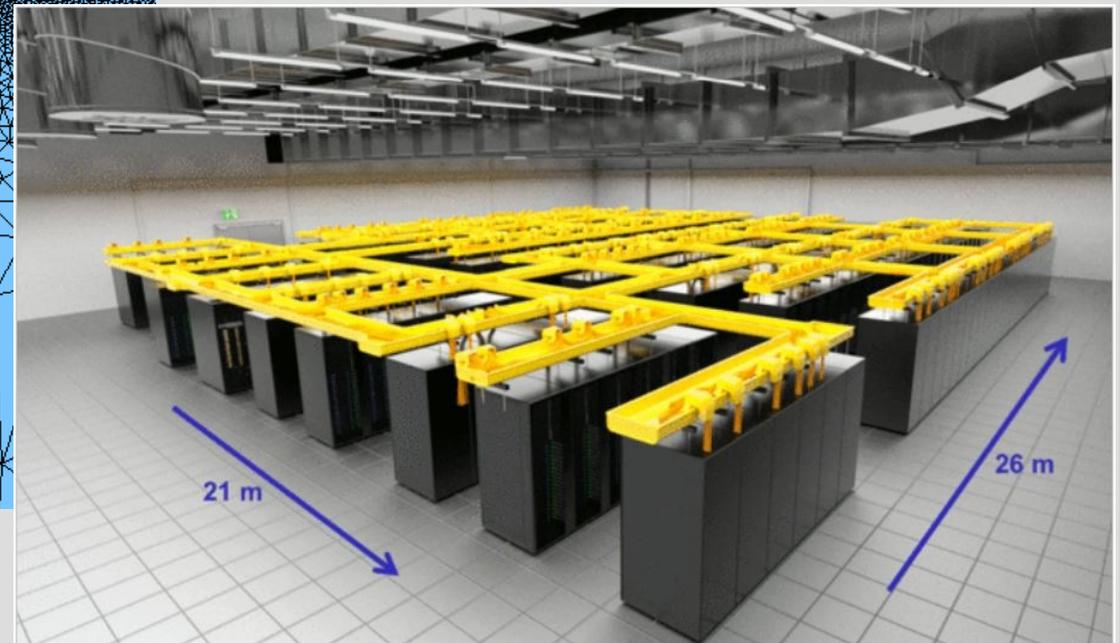
Soufflerie / simulation numérique



SIMULATION AERODYNAMIQUE SUPER-ORDINATEUR (SUPERCALCULATEUR)

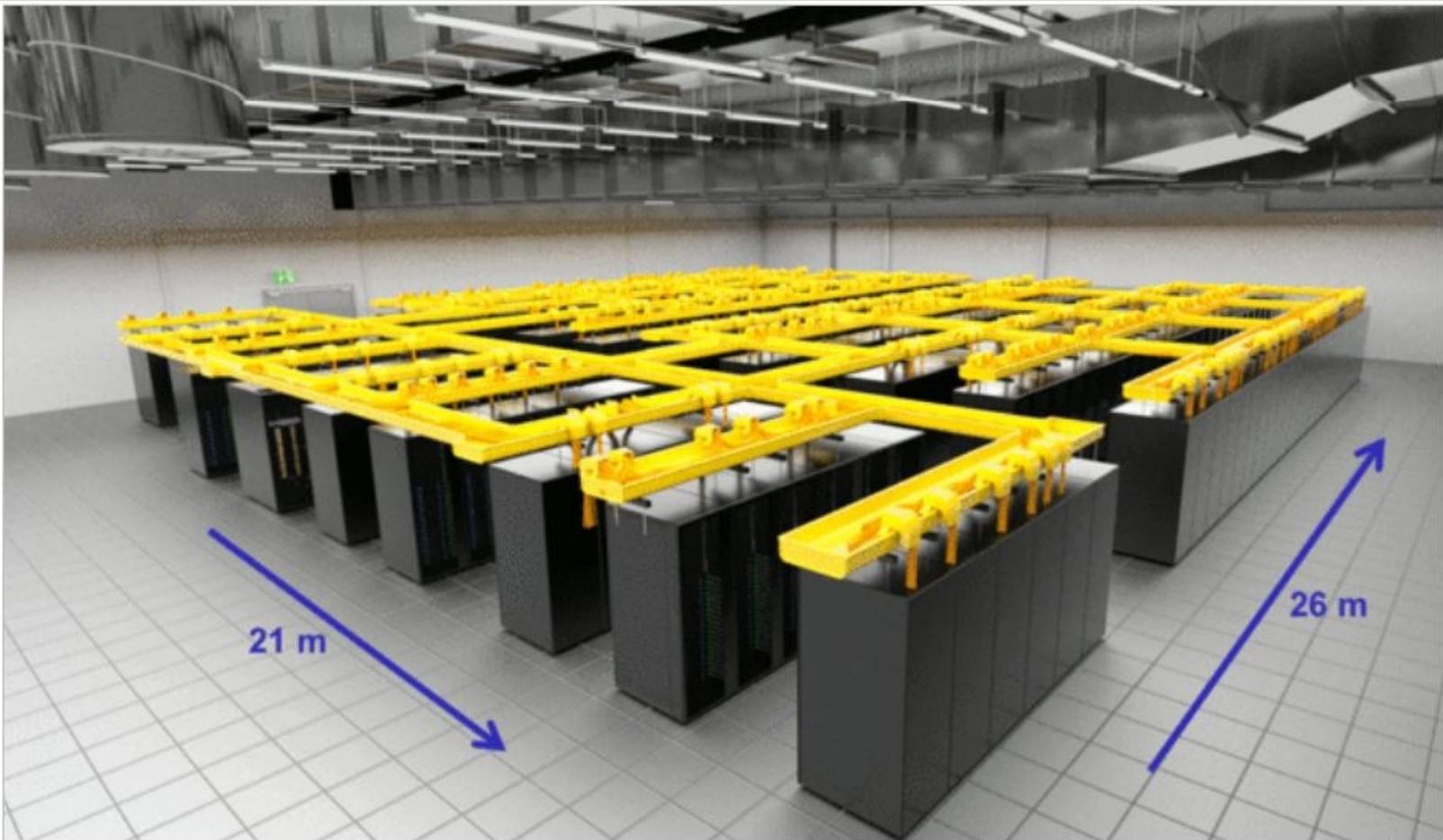


Simulation numérique



SIMULATION AERODYNAMIQUE SUPER-ORDINATEUR (SUPERCALCULATEUR)

- Supercalculateur MUC en Allemagne (Münich)



SIMULATION AERODYNAMIQUE SUPER-ORDINATEUR (SUPERCALCULATEUR)

- Supercalculateur MUC en Allemagne (Münich)



SIMULATION AERODYNAMIQUE SUPER-ORDINATEUR (SUPERCALCULATEUR)

- Supercalculateur MUC en Allemagne 147 634 cœurs de calcul, 324 000 Go de mémoire
- PC 4 cœurs, 2 à 4 Go de mémoire
- puissance de calcul 3 petaFlops = équivalent de 110 000 PC individuels
- Consommation électrique 3,4 Mw (énergie nécessaire à une locomotive)



AERODYNAMIQUE

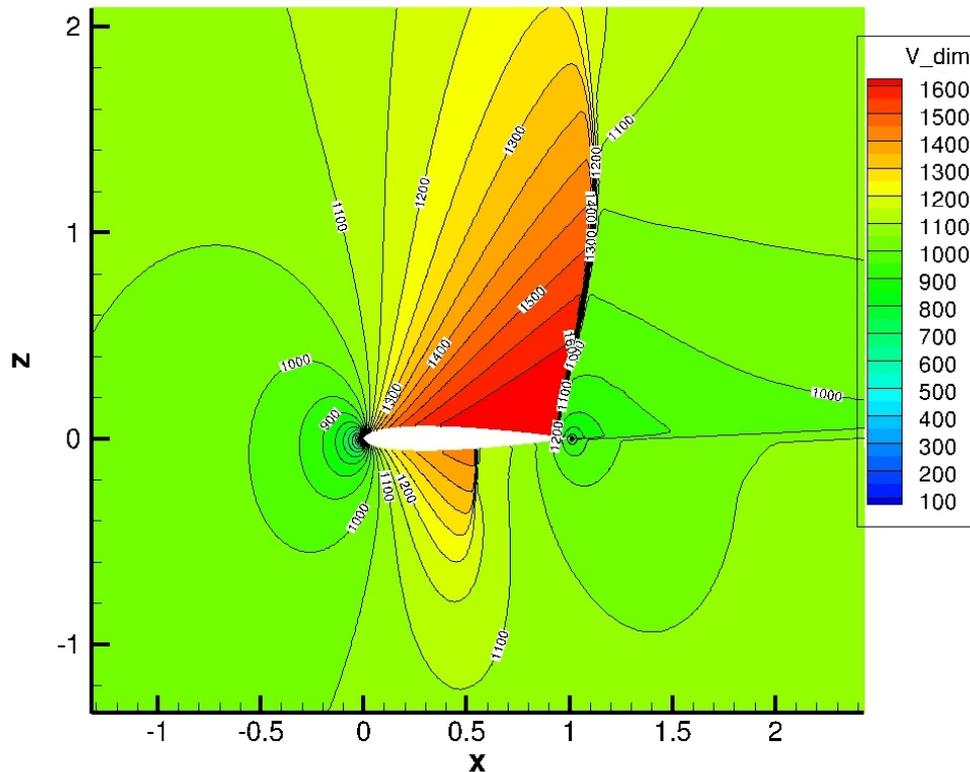
ONDE DE CHOC

- Métaphore très employée « *comme une onde de choc* » « *a fait l'effet d'une onde de choc* »...
- Phénomène aérodynamique très brusque
- Compression de l'air, augmentation de sa pression et sa température
- Ralentissement de l'air (de plus vite à moins vite que la vitesse du son)
- Visible par effets indirects (vapeur d'eau condensée)

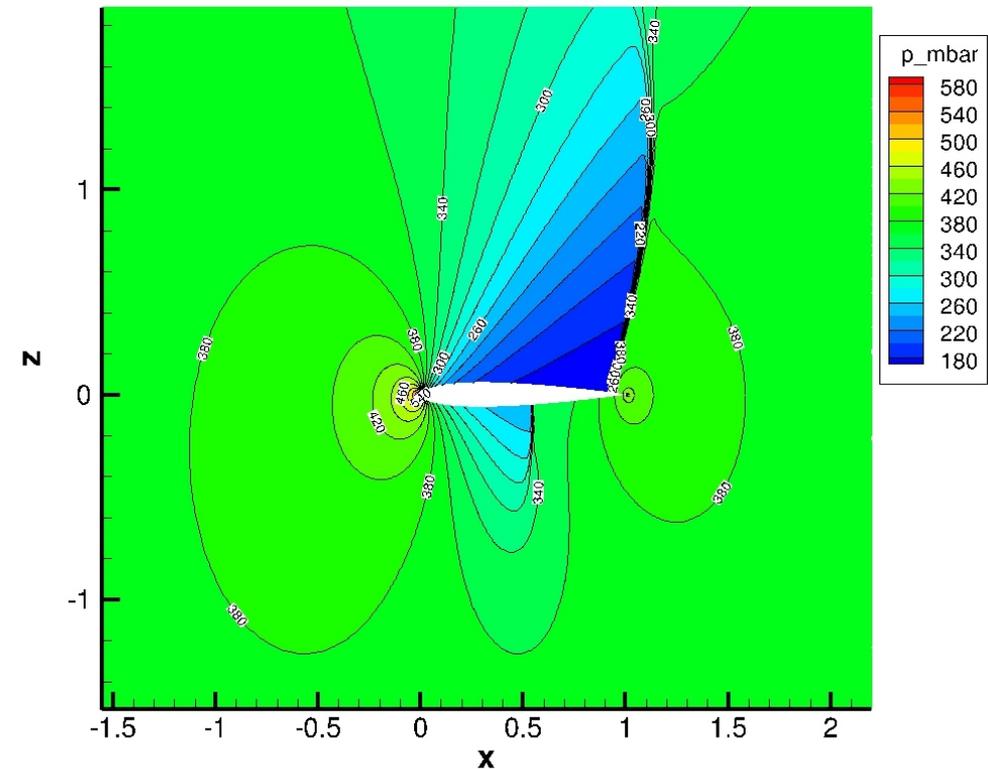
AERODYNAMIQUE

ONDE DE CHOC

Vitesse de l'air autour d'une aile d'avion volant à 10 km d'altitude à 915 km/h
Vitesse moyenne / avion 915 km/h Amplitude des vitesses 1600 km/h



Pression autour d'une aile d'avion volant à 10 km d'altitude à 915 km/h
Pression moyenne 370 mbar Amplitude des pressions 400 mbar



AERODYNAMIQUE

ONDE DE CHOC

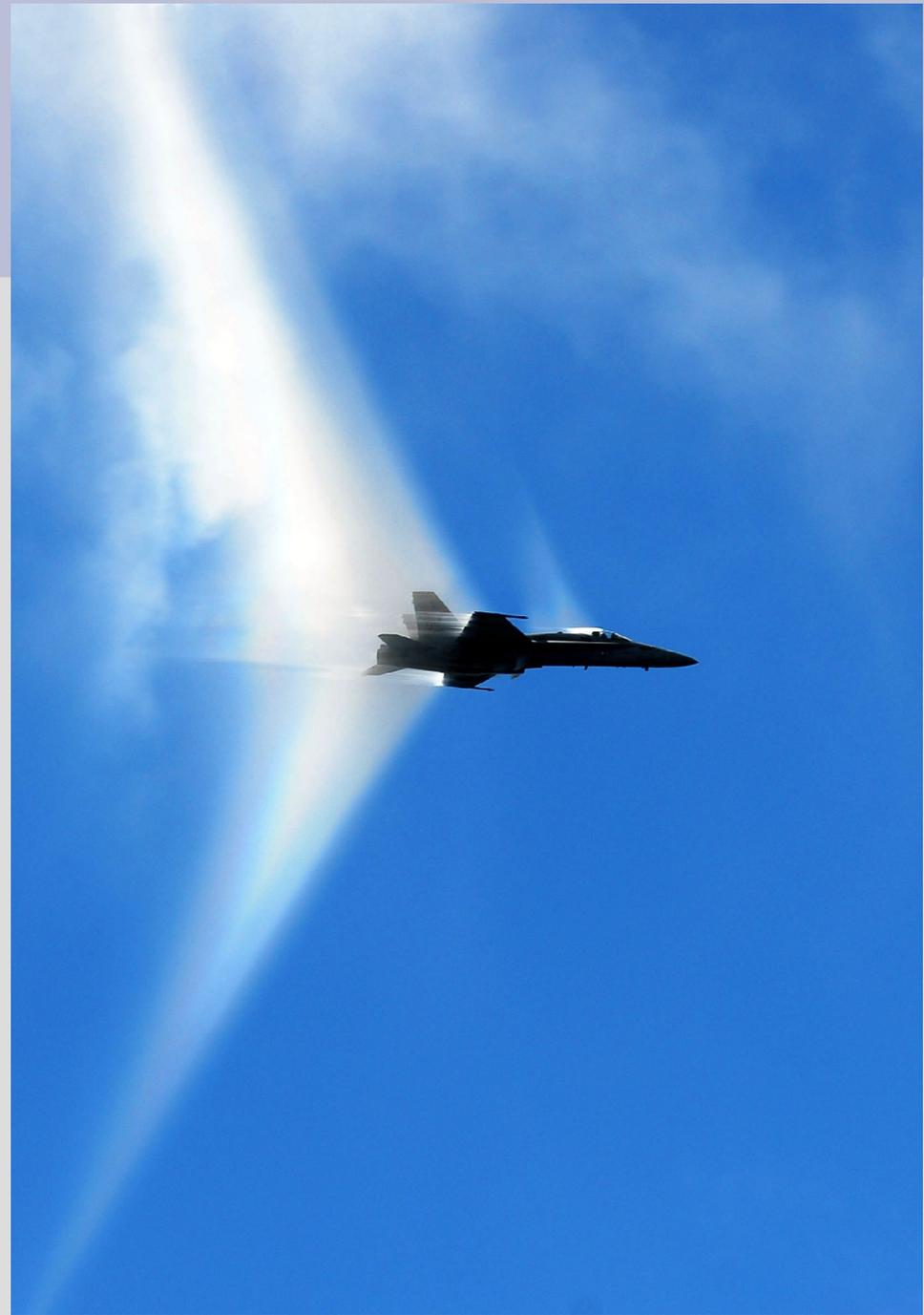


AERODYNAMIQUE

ONDE DE CHOC



AERODYNAMIQUE ONDE DE CHOC



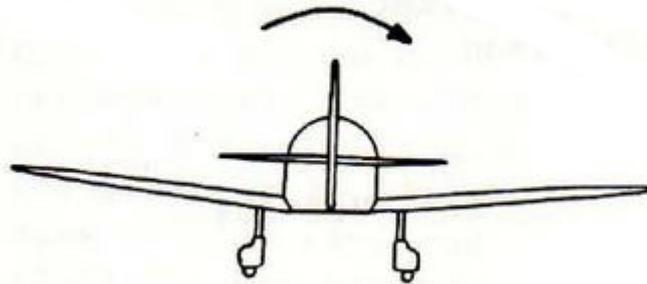
AERODYNAMIQUE

STABILITE ET CONTRÔLE

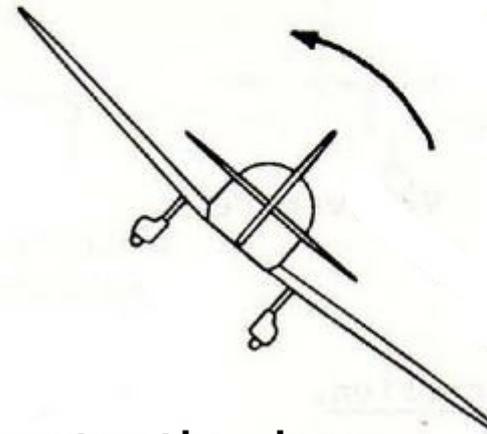
- **(Auto-)Stabilité** = si l'avion penche légèrement sur le côté (roulis), vers le haut/le bas (tangage), vers la droite/gauche (lacet) par rapport à sa trajectoire, il revient naturellement à sa position initiale

STABILITE

Exemple : stabilité en roulis



Perturbation



Pas d'accentuation brusque. Retour

AERODYNAMIQUE

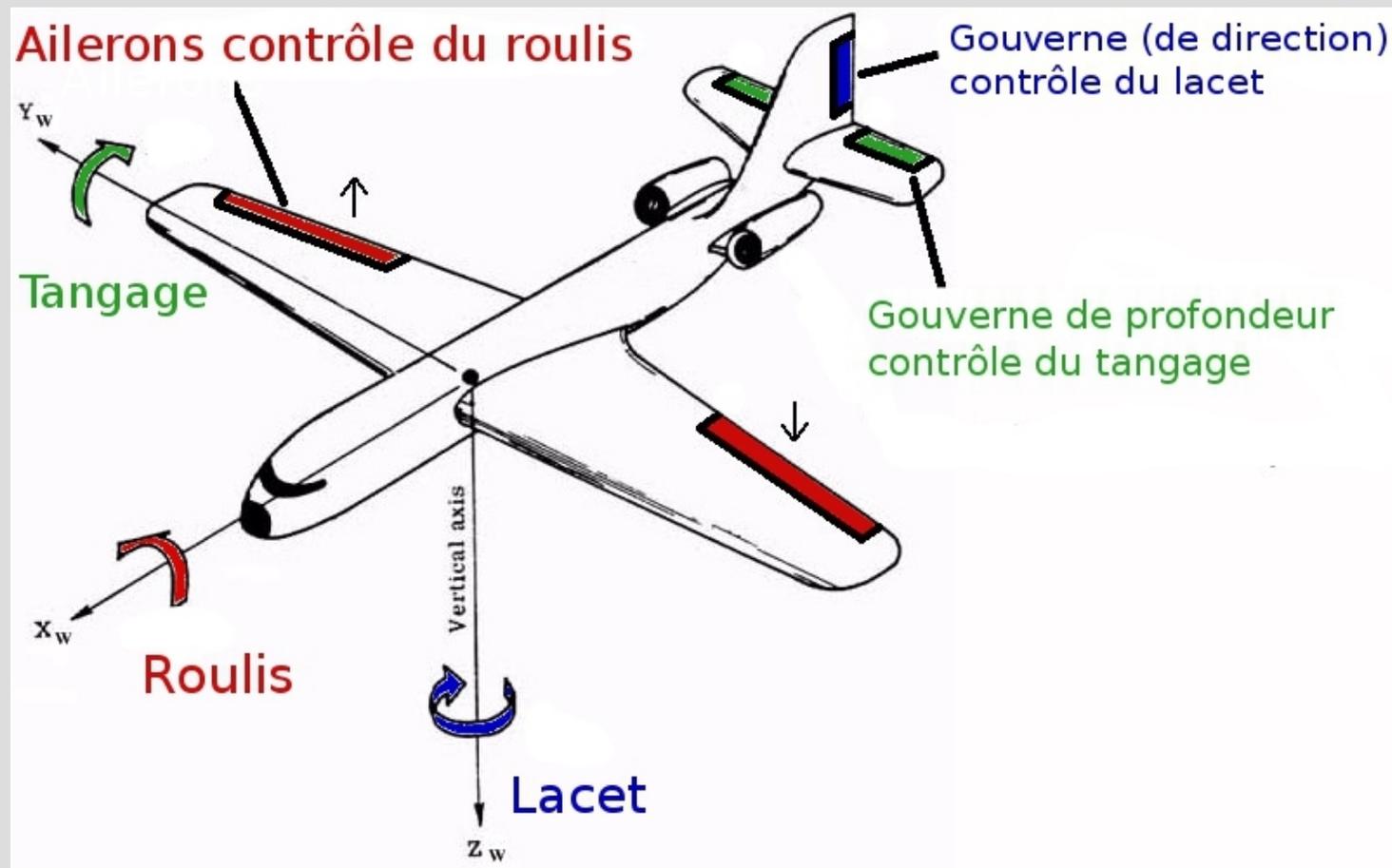
Empennages =
Surfaces de stabilisation d'un avion



AERODYNAMIQUE

STABILITE ET CONTRÔLE

- **Contrôle** = des parties mobiles appelées gouvernes permettent de diriger l'avion dans toutes les directions



AERODYNAMIQUE

Empennages = surfaces de stabilisation
Gouvernes, ailerons = surfaces de contrôle

