



Révisions

(Partie 1)

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
- Tourbillons marginaux
- Moteurs turboréacteurs

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - Gouvernes:
 - Primaires:
 - au bord de fuite des ailes : les gouvernes de gauchissement ou ailerons permettent à l'avion de s'incliner et de tourner.
 - liées à la dérive : la gouverne de direction ou de symétrie : permet à l'avion d'avoir une attitude symétrique par rapport aux filets d'air durant le vol.
 - liées au plan fixe ou réglable: la gouverne de profondeur, permet de modifier l'attitude de l'avion par rapport à l'horizontale.

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - Gouvernes:
 - Secondaires:
 - les bords de bord d'attaque et les volets de bord de fuite dont le but est de maintenir la portance de l'avion à basse vitesse (hypersustentation).
 - les spoilers abaissent la portance et augmentent la traînée (freinage aérodynamique de l'avion). Ce sont des destructeurs de portance (hyposustentation).
 - les aérofreins dont le rôle est de réduire rapidement l'avion en augmentant la traînée (aérofreinage).

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - Commandes
 - Action sur la profondeur :
 - Manche poussé vers l'avant: abaissement de la gouverne de profondeur, mouvement à piquer (moment piqueur) du à l'air qui s'oppose au déplacement.
 - Manche tiré vers l'arrière: relevage de la profondeur, moment cabreur
 - Action sur l'inclinaison :
 - Manche incliné à gauche: relèvement de l'aileron gauche et abaissement de l'aileron droit.

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - Commandes
 - Poussée du palonnier vers la gauche, la gouverne de direction se braque vers la gauche; un moment de rotation est créé vers la gauche . C'est l'inverse pour la droite.

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - Equation fondamentale de Bernouilli
 - Écoulement d'un fluide



$$dP + \rho V dV = 0$$



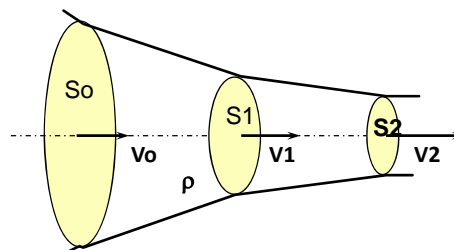
lorsque $\rho = \text{cste}$:
si $V \nearrow \Rightarrow P \searrow$

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - Equation fondamentale de Bernouilli
 - Conservation du débit



$$\rho S V = \text{Cste}$$



lorsque $\rho = \text{cste}$:
si $S \searrow \Rightarrow V \nearrow$

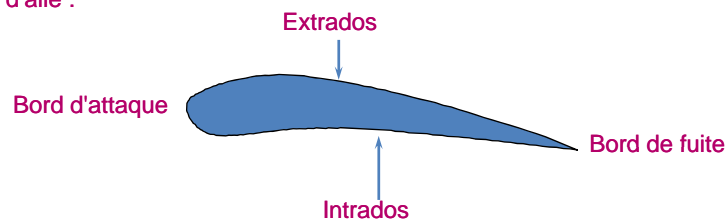
F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - Ecoulement d'un fluide

Profil d'aile :

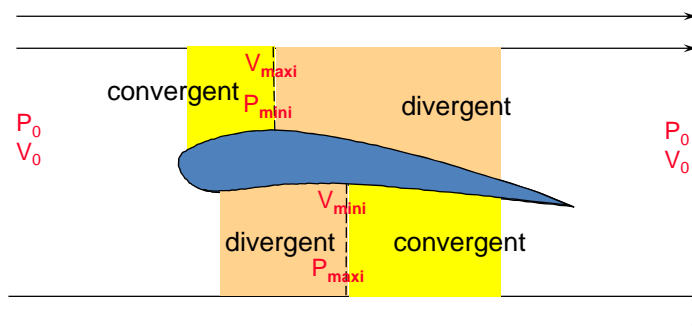


F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - Ecoulement d'un fluide

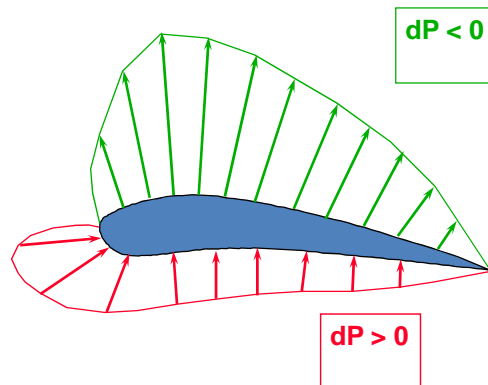


F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - Répartition des pressions

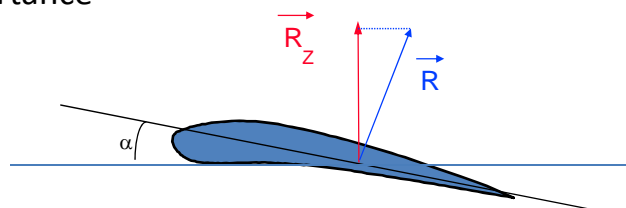


F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - La portance



$$R_z = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_z$$

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

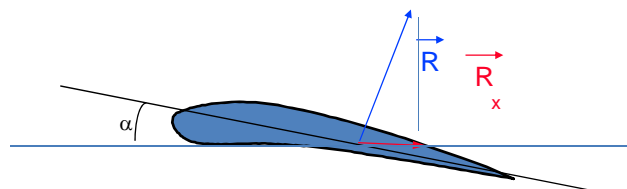
- Aérodynamique
 - La portance
 - Caractéristiques:
 - perpendiculaire à la vitesse de l'écoulement
 - S surface de référence de la voilure
 - Cz coefficient de portance (sans dimension)
 - Cz > 0 en général (Cz < 0 correspond au vol dos)
 - Cz dépend entre autres:
 - de l'incidence
 - de la forme du profil (épaisseur, courbure)
 - de la compressibilité (cas du mach élevé)
 - de la turbulence de l'écoulement

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - La trainée



$$R_x = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_x$$

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

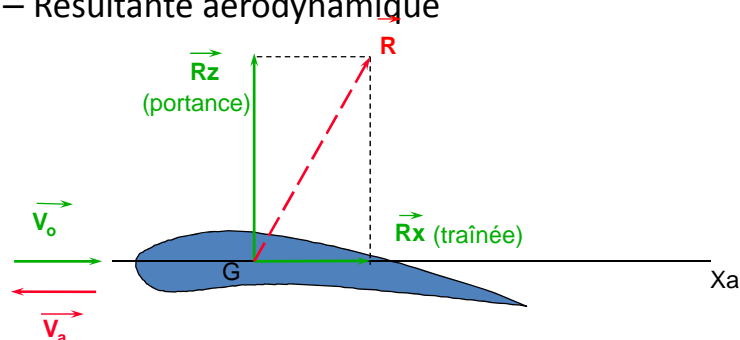
- Aérodynamique
 - La traînée
 - Caractéristiques:
 - colinéaire à la vitesse de l'écoulement
 - S surface de référence de la voilure
 - C_x coefficient de traînée (sans dimension)
 - $C_x > 0$ tous les profils génèrent de la traînée
 - C_x dépend entre autres:
 - de l'incidence
 - de la forme du profil (épaisseur, courbure)
 - de la compressibilité (cas du mach élevé)
 - de la turbulence de l'écoulement

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - Résultante aérodynamique

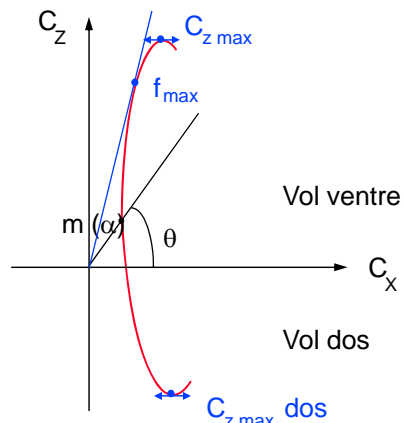


F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - Polaire



F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - Finesse
 - La finesse caractérise le rendement d'un profil
 - Une finesse élevée caractérise une capacité du profil à bien porter tout en traînant le moins possible.

$$\frac{C_z}{C_x} = finesse$$

F.C. div A.O.M. 2016

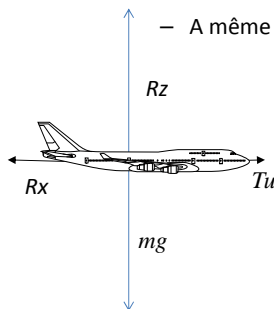


Révisions

• Aérodynamique

– Finesse

- En croisière: Une meilleure finesse permet :
 - A même masse , d'avoir une poussée moteur (donc une consommation carburant) plus faible.
 - A même poussée moteur, de transporter une masse plus élevée.



Exemple: B747

-masse =350 Tonnes.

-finesse=17.2

- poussée = 200000 N(soit 50000N par moteur)

$$\begin{array}{l} mg=R_z \\ Tu=R_x \end{array} \quad \longrightarrow \quad \frac{mg}{Tu} = f$$

F.C. div A.O.M. 2016



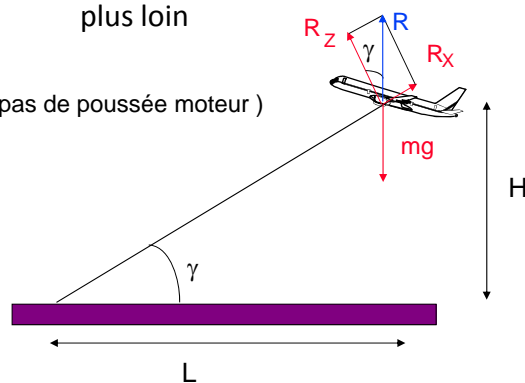
Révisions

• Aérodynamique

– Finesse

- En descente: une meilleure finesse permet de planer plus loin

(pas de poussée moteur)



$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{R_x}{R_z} = \frac{1}{f}$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{H}{L}$$

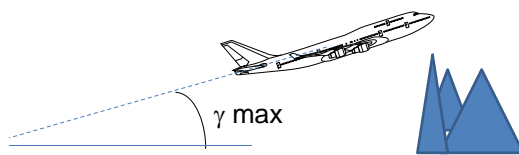
$$L = H \times f$$

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - Finesse
 - En montée: la vitesse de finesse max permet la meilleure pente γ_{\max}



F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Aérodynamique
 - Finesse

Pour un Airbus A320 :

	C_z	C_x	$f = C_z / C_x$
Croisière	0,5	0,03	16,7
Approche Train sorti	1,7	0,2	8,5

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

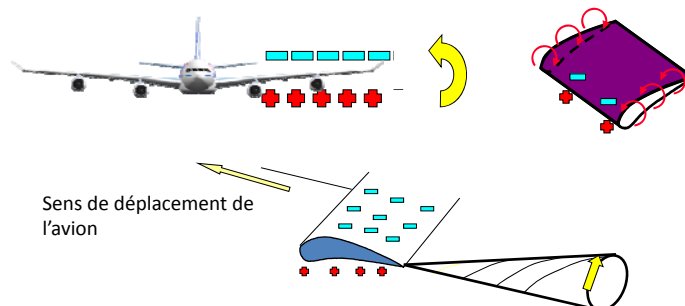
- Aérodynamique
 - Finesse
 - Ordre de grandeur:
 - Avion supersonique: 5 à 10
 - Avion subsonique: 12 à 22
 - Planeurs : >55
 - Quelques valeurs maximales
 - B 747= 17.2
 - A330=22
 - Ajet:7
 - Dr400 : 9
 - A380 :22
 - R22: 2.5
 - Parapente: 7 à 9
 - Deltaplane:12 à 14

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Tourbillons marginaux
 - Naissance
 - Les tourbillons marginaux naissent du déséquilibre de pression entre intrados et extrados

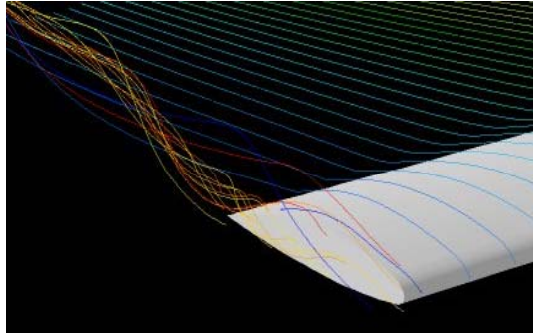


F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Tourbillons marginaux
 - Naissance



F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Tourbillons marginaux
 - Naissance



F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Tourbillons marginaux
 - Naissance



F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Tourbillons marginaux
 - Intensité
 - D'autant plus forte que les avions sont:
 - Lourds
 - Lents (décollage, approche, atterrissage)

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Tourbillons marginaux
 - Coefficient de trainée induite

$$C_{xi} = \frac{C_z^2}{\pi \lambda}$$

C_z : coefficient de portance

λ : allongement

$$\lambda = \frac{B^2}{S}$$

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Tourbillons marginaux
 - Coefficient de trainée induite

λ : allongement

A300=7.7

B747-400=7.7

A380=7.8

B757=7.8

B767-200=7.99

B777-200=8.6

A310=8.8

A340-600=9.1

B733=9.16

A318=9.5

A319=9.5

A321=9.5

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

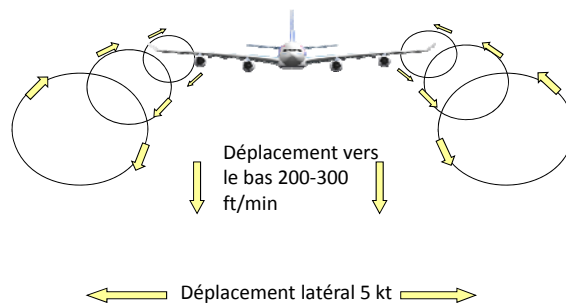
- Tourbillons marginaux
 - Déplacement
 - Les tourbillons sont contre-rotatifs, dirigés vers l'intérieur
 - Ils descendent et se déplacent latéralement

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Tourbillons marginaux
 - Déplacement

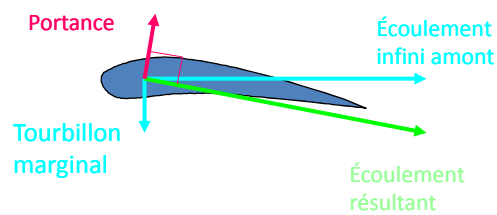


F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Tourbillons marginaux
 - Trainée
 - Les tourbillons provoquent de la trainée induite donc de la surconsommation en carburant

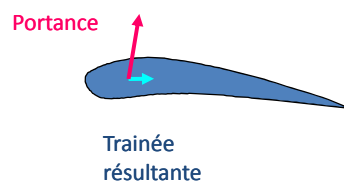


F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Tourbillons marginaux
 - Trainée
 - Les tourbillons provoquent de la trainée induite donc de la surconsommation en carburant



F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

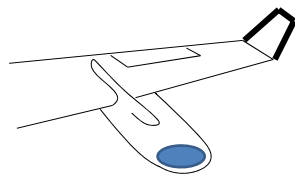
- Tourbillons marginaux
 - Systèmes économiques
 - Les winglets
 - Les wintip fences
 - Le minix

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Tourbillons marginaux
 - Systèmes économiques
 - Les winglets

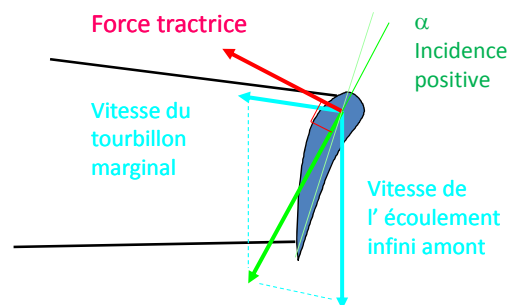


F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Tourbillons marginaux
 - Systèmes économiques
 - Les winglets

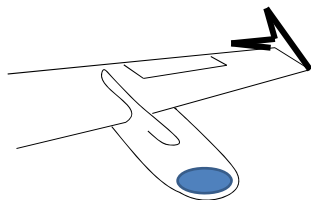


F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Tourbillons marginaux
 - Systèmes économiques
 - Les wingtip fences

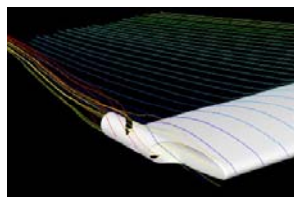


F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Tourbillons marginaux
 - Systèmes économiques
 - Le minix



F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Tourbillons marginaux
 - Projets
 - AWIATOR (aircraft wing with advanced technology operations)

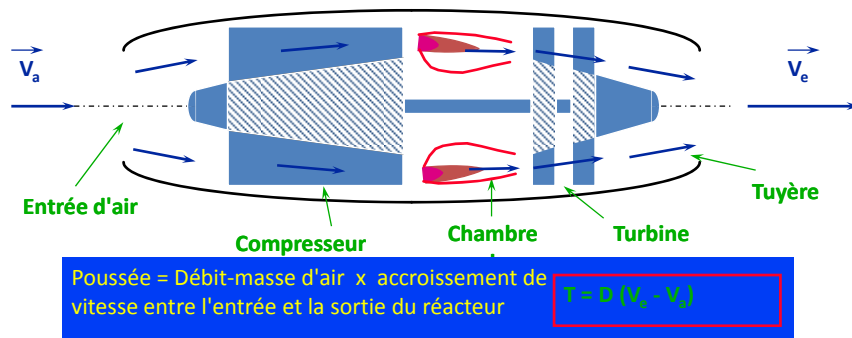


F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Moteur turboréacteur
 - Simple flux simple corps

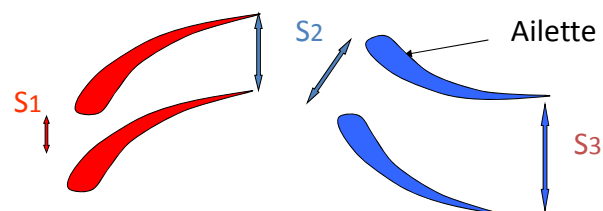


F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Moteur turboréacteur
 - Disque rotor et disque stator du compresseur



$S1 < S2 < S3$ donc V diminue et P augmente (compression).

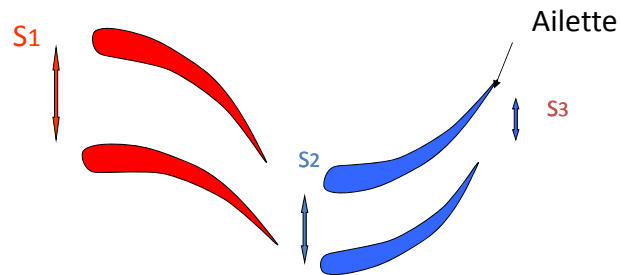
Système divergent

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Moteur turboréacteur
 - Disque rotor et disque stator de turbine



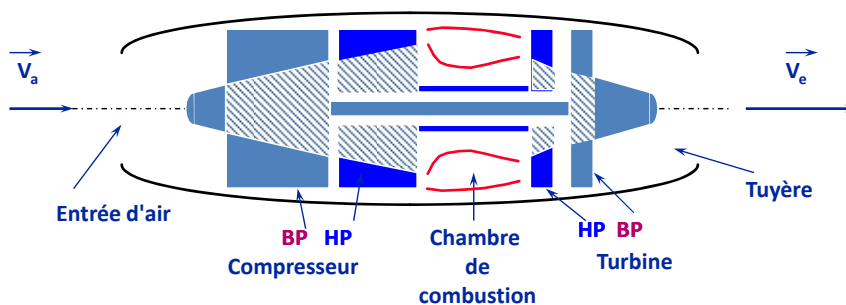
$S_3 < S_2 < S_1$ donc P diminue et V augmente (détente). Système convergent

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Moteur turboréacteur
 - Simple flux double corps

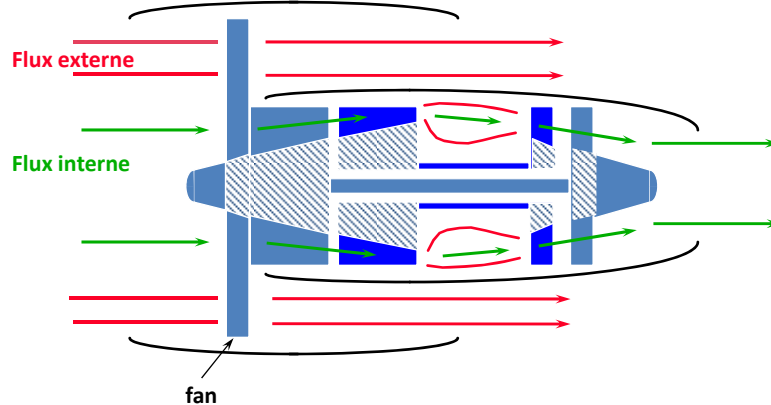


F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Moteur turboréacteur
 - double flux double corps

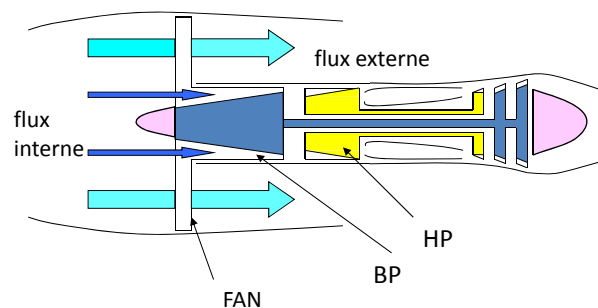


F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Moteur turboréacteur
 - Turbo réacteur double flux-double corps sec

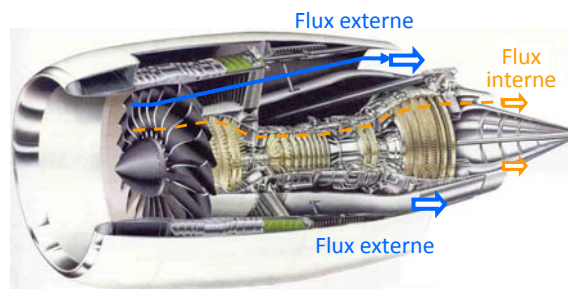


F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Moteur turboréacteur
 - Ex: double flux double corps :turboréacteur GE 115 (B777-200/300ER)



F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Moteur turboréacteur
 - Taux de dilution

flux externe
flux interne

1 à 1,5 pour les premiers turboréacteurs double flux, double corps
B 737 - MERCURE - B 727

5 à 6 pour les turboréacteurs existants
A 320 - B 747 - A340

12 pour les nouveaux moteurs ex: PW1100 de l' A320 neo

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Moteur turboréacteur
 - Consommation spécifique

$$C_{sp} = \frac{\text{consommation horaire}}{\text{Poussée}}$$

(exprimée en kg/h.Newton)

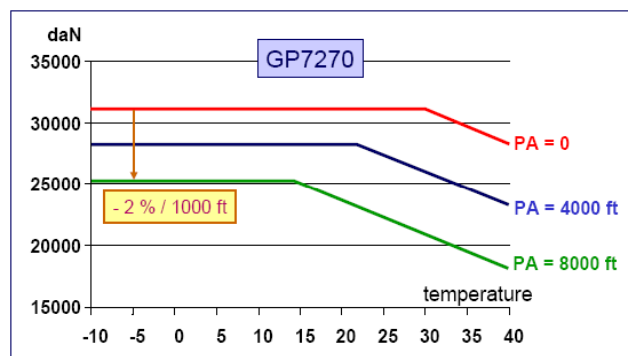
en croisière: ex : environ 0.06 kg/ h.N

F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Moteur turboréacteur
 - Poussée/température/altitude



F.C. div A.O.M. 2016



Révisions

- Moteur turboréacteur

- Types

- Moteurs double flux

- Classe des 10 à 15 tonnes de poussée:

- CFM 56 A, B avionnés sur A320, A321, A319 et les CFM 56 C sur A340.

- Classe des 20 à 25 tonnes de poussée :

- CF6 80 A, C ou les PW 4000 : avionnés sur 767, 747 (300, 400), A310, A300-600, MD11

- Classe des 25 à 45 tonnes de poussée :

- Trent 772 sur A330

- Trent 556 sur A340-600

- Trent 812 ou le GE 90 B4 sur B777

- Trent 900 (ou GP7200) (A380)

- Trent 1000 (et B787 et B747-8)

- Trent XWB (A350 XWB)



Nuisances

(Partie 2)

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

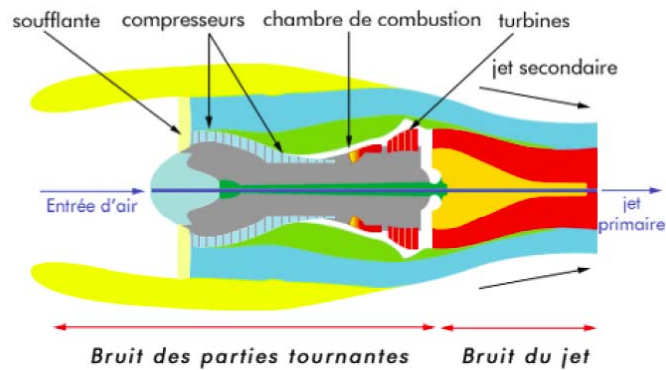
- Bruit
- Emissions gazeuses
- Programmes

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Origine du bruit dans un moteur



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Type de moteur

Simple flux (années 60)



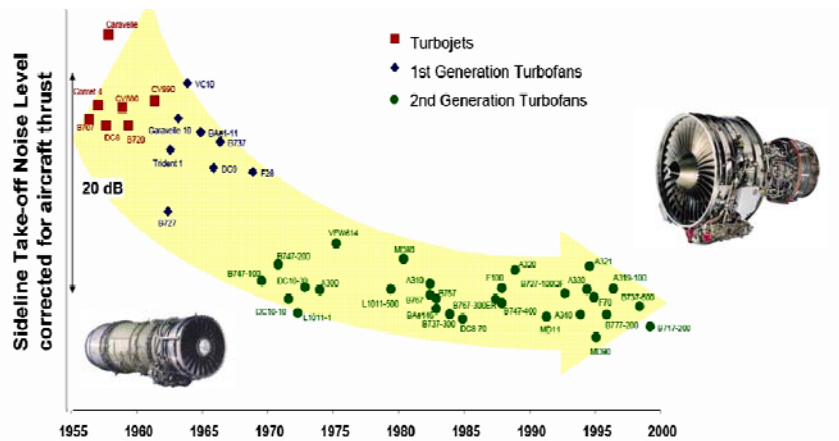
Double flux (années 80)



F.C. div A.O.M. 2016

Nuisances

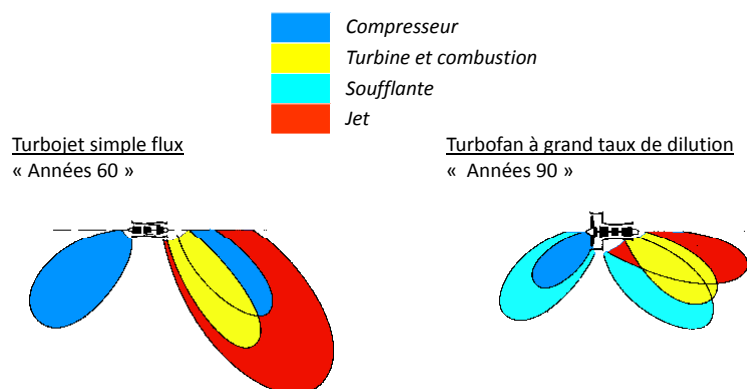
- Evolution technologique des moteurs



F.C. div A.O.M. 2016

Nuisances

- Répartition des bruits moteurs

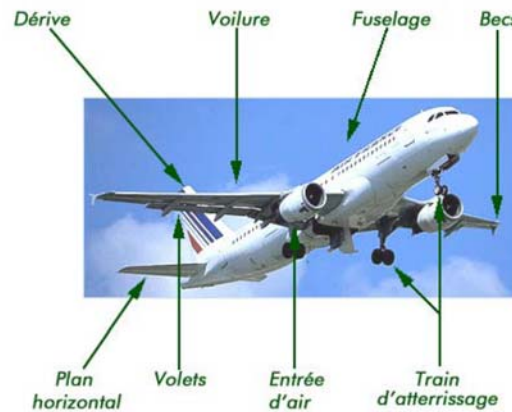


F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Eléments aérodynamiques générant du bruit

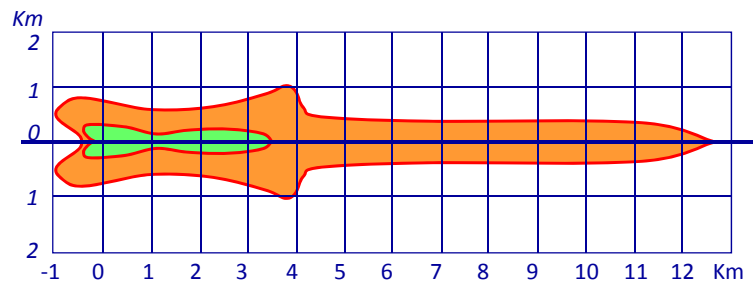


F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Evolution du bruit au décollage
– Isophone 85dB(A)



Année	Avion	Moteur	Masse	Surface
« 1960 »	B727-200	JT8D-15	76,2 t	15,25 km ²
« 1980 »	A320-200	CFM-56-5	67,5 t	1,55 km ²

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Lutte contre le bruit des aéronefs
 - Un ensemble d'acteurs
 - OACI
 - Union Européenne
 - DGAC *autorité française de l'Aviation civile*
 - Population riveraine des aéroports
 - ACNUSA (autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires)
 - Compagnies aériennes et Pilotes
 - Constructeurs et Motoristes
 - Commissions Consultatives de l'Environnement
 - Exploitants d'aérodrome

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Lutte contre le bruit des aéronefs
 - OACI :
 - Normes Annexe 16



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Lutte contre le bruit des aéronefs
 - OACI
 - Annexe 16, volume 1 « Bruit des aéronefs » :
 - Fixe les normes de certification en matière de caractéristiques acoustiques des aéronefs
 - Classe les appareils en chapitres acoustiques
 - Définit les performances requises pour les nouveaux appareils
 - Précise les conditions de mesures

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Lutte contre le bruit des aéronefs
 - OACI: aéronefs ,normes acoustiques,chapîtres

	1972	1977	1981	1985	1988	1993	2002	2006	
Avions à réaction subsoniques	Chapitre 2	Chapitre 3					Chapitre 4		
Avions supersoniques	Chapitre 12								
Avions à hélices	Chapitre 6				Chapitre 10				
moins de 5700 kg	Chapitre 5				Chapitre 3				Chapitre 4
de 5700 kg à 8618 kg									
plus de 8618 kg									
ADACs à hélices	Chapitre 7								
Aéronefs à rotors basculants	Non certifiés						Chapitre 13		
Hélicoptères	Chapitre 8					Chapitre 11			
moins de 3175 kg	Chapitre 8					Chapitre 11			
plus de 3175 kg									

[Normes acoustiques en vigueur dans l'annexe 16 pour les différentes catégories d'aéronefs](#)

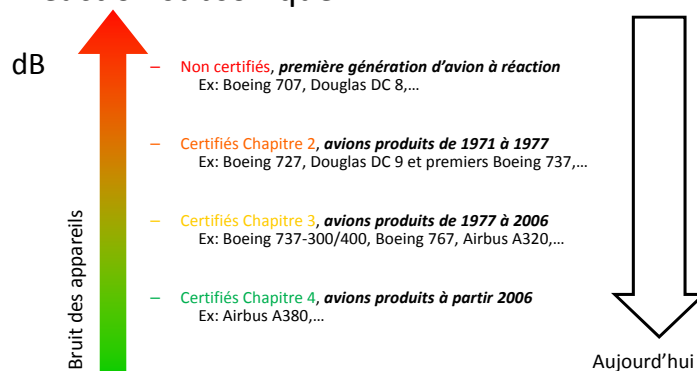
⚠ Chapitre 9, normes acoustiques pour les groupes de puissances auxiliaires embarqués (APU)

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Lutte contre le bruit des aéronefs
 - OACI: Classification acoustique des avions à réaction subsonique



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Lutte contre le bruit des aéronefs
 - Unité de certification : **EPNdB**
 - **Effective Perceived Noise** « Niveau effectif de bruit perçu »
- A partir du niveau de bruit perçu PNdB (indicateur psycho-acoustique)

caractérise la gêne en fonction du niveau sonore de chaque fréquence du spectre mesuré

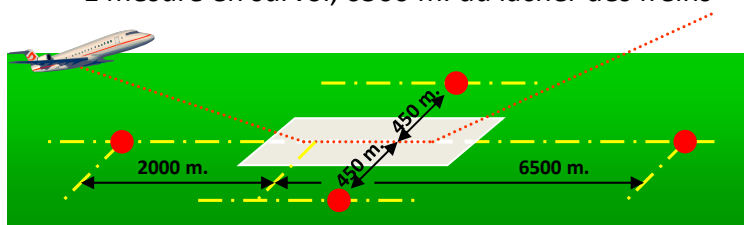
Correction de tonalité pour les sons purs (« sons sifflants »)
- Prise en compte du niveau maximal
- Correction de durée

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Lutte contre le bruit des aéronefs
 - Procédure de certification
 - 3 valeurs de mesures certifiées, **en EPNdB**
 - 1 mesure en approche, 2000 m. du seuil
 - 1 moyenne de 2 mesures en latéral, 450 m. de l'axe
 - 1 mesure en survol, 6500 m. du lâcher des freins

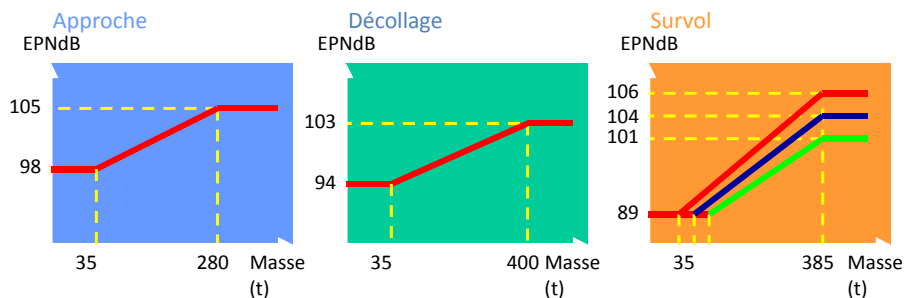


F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Lutte contre le bruit des aéronefs
 - De la certification chapitre 3...



- Aucun dépassement > 2 EPNdB
- Somme des dépassements ≤ 3 EPNdB

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Lutte contre le bruit des aéronefs
 - Certification chapitre 3...
 - Marge cumulée
 - Permet d'apprécier globalement la performance acoustique d'un aéronef par rapport aux limites de certification
 - Somme des écarts des 3 valeurs certifiées par rapport aux maximum de bruit admissible pour chacune de ces 3 valeurs
 - Utilisé notamment pour différencier les aéronefs du Chapitre III Sous-classe du Chapitre III :
 - » **Chapitre III les plus bruyants** : marge cumulée < 5 EPNdB
 - » **Chapitre III bruyants** : 5 EPNdB < marge cumulée < 8 EPNdB

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Lutte contre le bruit des aéronefs
 - Certification chapitre 4 (depuis 2006)
 - Niveaux sonores limites en Approche, Décollage et Survol :
 - idem Chapitre III
 - mais dépassement NON autorisé
 - **Marge cumulée supérieure ou égale à 10 EPNdB**
 - Somme des différences en 2 points de mesure par rapport aux limites admissibles supérieure à 2 EPNdB

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Lutte contre le bruit des aéronefs
 - Certification chapitre 4 (depuis 2006)



Airbus A380
Conçu pour le Chapitre IV
MTOW = 562 tonnes

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

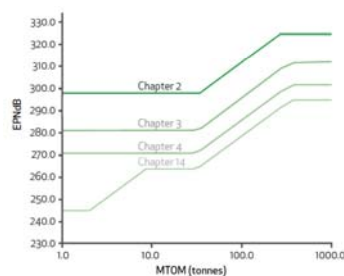
- Lutte contre le bruit des aéronefs
 - Futur standard (en cours d'adoption)
 - Conclusion du CAEP 9 (*Committee on Aviation Environmental Protection*) (2010-2013)
 - ⇒ Proposition d'amendement de l' Annexe 16
 - **Nouveau Chapitre 14**, plus silencieux que Chapitre IV
 - Niveau de bruit cumulé = Chapitre IV – 7 EPNdB
 - Niveaux de bruit certifiés (3 points)= Chapitre IV – 1 EPNdB
 - Applicable au 31 décembre 2017 (ou 31 décembre 2020 pour avion MTOW<55t)
 - Prise en compte des « mini-jet » d'affaires

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Lutte contre le bruit des aéronefs
 - Futur standard (en cours d'adoption)
 - Conclusion du CAEP 9 (2010-2013)
 - ⇒ Proposition d'amendement de l'Annexe 16
 - **Nouveau Chapitre 14**, plus silencieux que Chapitre IV

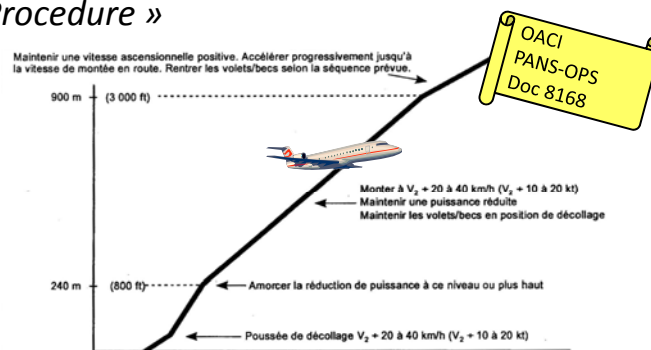


F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Lutte contre le bruit des aéronefs
 - Décollage à moindre bruit **NADP 1** « *Close in Procedure* »



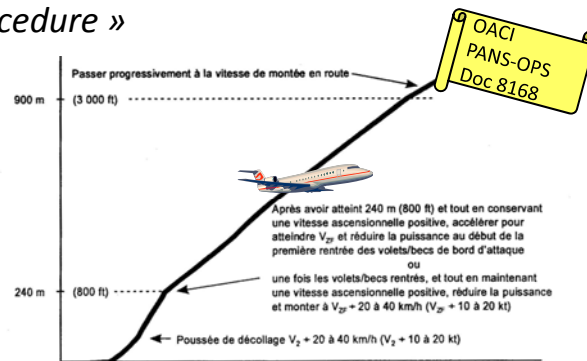
Atténuer le bruit à proximité de l'aérodrome, Configuration « ville proche »

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Lutte contre le bruit des aéronefs
 - Décollage à moindre bruit **NADP 2** « *Distant Procedure* »



Atténue le bruit à distance de l'aérodrome, Configuration « ville éloignée »

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Emissions gazeuses
 - La hausse du trafic aérien est lente en Europe de l'ouest et en Amérique du nord.
 - Elle est très forte en Asie et en Amérique latine

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

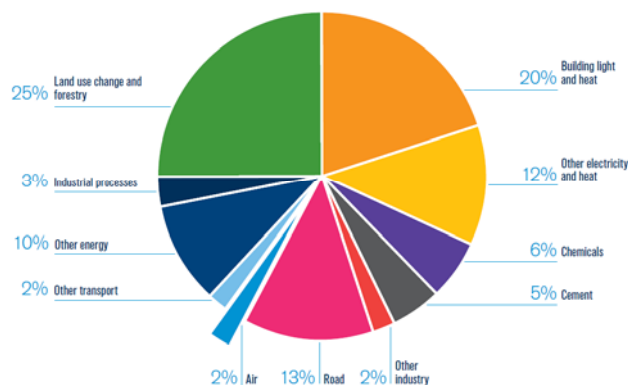
- Emissions gazeuses
 - 50 millions de vols/an prévus en 2030 (25 millions actuellement (source OACI))
 - 7 milliards de passagers transportés en 2035 (3.3 en 2014)
 - Emissions de CO2 de l'aviation représentent environ 2% des émissions mondiales de gaz à effet de serre
 - Cela pourrait représenter 3% d'ici à 2050 avec une augmentation du trafic de 4 à 5% par an si aucune action n'est prise (source GIEC)

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Emissions gazeuses
 - Partage des émissions de CO2



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - But de l'industrie aéronautique: une continuelle progression du rendement du carburant de 1.5% par an jusqu'à 2020.
 - 50% de réduction de l'empreinte de carbone d'ici 2050 par rapport aux niveaux de 2005.

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Afin d'atteindre les buts de réduction , 4 pistes stratégiques:
 - Nouvelles technologies
 - Opérations aériennes plus efficaces
 - Espace aérien et infrastructures aéronautiques améliorés
 - Mesures économiques positives

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Afin d'atteindre les buts de réduction , 4 pistes stratégiques:
 - Nouvelles technologies
 - Rendement aérodynamique augmenté (fuselage, ailes, gouvernes)
 - Moteurs plus performants
 - Systèmes améliorés
 - Utilisation de bio carburants
 - Nouvelles sources d'énergie

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Afin d'atteindre les buts de réduction , 4 pistes stratégiques:
 - Nouvelles technologies
 - Opérations aériennes plus efficaces
 - Rendement maximal des opérations, poids minimal et réglementaire de carburant embarqué.

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Afin d'atteindre les buts de réduction , 4 pistes stratégiques:
 - Nouvelles technologies
 - Opérations aériennes plus efficaces
 - Espace aérien et infrastructures aéronautiques améliorés
 - Amélioration des routes aériennes, de l'espace, de l'ATM, des procédures de navigation aérienne

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Afin d'atteindre les buts de réduction , 4 pistes stratégiques:
 - Nouvelles technologies
 - Opérations aériennes plus efficaces
 - Espace aérien et infrastructures aéronautiques améliorées
 - Mesures économiques positives
 - Echange de quotas d'émission gazeuses
 - Compensation des émissions de CO2 (taxes)

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Depuis le début de l'utilisation des avions à réaction:
 - Le bruit perçu a été réduit de 75% (20db)
 - La consommation de carburant a été réduite de 70%
 - Les émissions de CO2 ont été réduites de 70%
 - Les émissions de poussières ont été réduites
 - Durant les 20 dernières années le rendement du carburant a été augmenté de 35%

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Exemple:
 - 6 février 2013 plan d'urgence pour la qualité de l'air (PUQA)
 - Restriction de l'utilisation du moteur auxiliaire de puissance (APU)
 - Étude sur la modulation de la redevance d'atterrissage en fonction des émissions de polluants locaux des avions

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes

- IROQUA créée en 2005 regroupant 30 laboratoires, Airbus, Eurocopter et Dassault (*initiative de recherche pour l'optimisation acoustique aéronautique*)
- Axes de recherche:
 - Bruit d'origine aérodynamique
 - Nouveaux dispositifs de soutes et de train d'atterrissage visant à réduire les cavités créées pour réduire le bruit de la cellule et de la voilure
 - Réduction des facteurs de bruit internes de la cabine (étude des comportements des panneaux composites en cabine)
 - Bruit de combustion dans le moteur et contribution au bruit aval
 - Impact sonore autour des aéroports
 - Recherches sur de nouveaux matériaux absorbant le bruit.



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes

- Programme européen: ACARE (Advisory Council for Aeronautical Research in Europe) (2001)
- Objectifs:
 - D'ici 2020:
 - 50% de carburant et de CO2 en moins
 - 50% de bruit perçu au sol en moins
 - 80% d'émission de Nox en moins
 - D'ici 2050:
 - 75% de carburant et de CO2 en moins
 - 65% de bruit perçu au sol en moins
 - 90% d'émissions de Nox en moins



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Clean Sky 1: Historique
 - Lancé en 2008 pour atteindre les objectifs 2020 d'Acare (*Advisory Council for Aeronautics Research in Europe*)
 - 1.6 milliard d'euros (de 2008 à 2017) de budget
 - 450 participants pour Clean Sky



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Objectif de Clean Sky 1 :
 - Démonstrateurs technologiques intégrés
 - Avions à voilure fixe intelligents
 - Avions de transport régional vert
 - Hélicoptères vert
 - Moteurs durables et verts
 - Systèmes pour des opérations respectueuses de l'environnement
 - écoconception



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Clean Sky 1



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Seconde phase du programme Clean Sky (2) (2014-2024)
 - 4.05 Milliards d'euros de budget
 - Financé par l'Europe et l'industrie aéronautique
 - 500 participants
 - Ex: constructeurs Agusta westland, Airbus, Alenia, Dassault, EADS, Eurocopter, Liebherr, Rolls-Royce, Saab, Safran, Thales
 - Laboratoires et universités : Onera, DLR, grandes universités.



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Objectif de Clean Sky 2 :
 - Technologies permettant la construction d'avions plus propres et plus silencieux pour contribuer à un transport aérien innovant ,compétitif et respectueux de l'environnement.
 - d'ici à 2020:validation des technologies capables d'accroître le rendement du carburant afin de réduire les émissions de CO2 et de Nox et les émissions sonores de 20 à 30% par rapport aux aéronefs rentrant en service aujourd'hui.
 - En corrélation avec les objectifs 2001 d'ACARE



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Objectif de Clean Sky 2 :
 - Démonstrateurs technologiques volants
 - Hélicoptères rapides (Eurocopter, Augusta)
 - Avions gros porteurs (Airbus)
 - Avions de transport régional (Alenia)
 - Démonstrateurs technologiques intégrés
 - Cellules (Dassault, EADS)
 - Moteurs (Safran, Rolls-Royce, MTU)
 - Systèmes (Thales, Liebherr)



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Objectif de Clean Sky 2 :
 - Orientation vers:
 - Moteurs types open rotor
 - Avions avec moteurs à l'arrière
 - Moteurs hybrides
 - Nouveau type de fuselage, de cabine (modulable)



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Objectif de Clean Sky 2 :
 - Orientation vers:
 - LifeRCraft (low impact, fast and efficient RotorCraft)
 - » Performances en montée/descente aussi bonnes qu'un hélicoptère traditionnel
 - » Vitesse croisière supérieure à 220kt (410km/h)
 - » Temps réduit pour utilisation en moyen de secours ou taxi
 - » Empreinte acoustique et pollution CO2 réduite par rapport à un hélicoptère classique.
 - » Matériel utilisés écologiques

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Objectif de Clean Sky 2 :
 - Orientation vers:
 - LifeRCraft (low impact, fast and efficient RotorCraft)
 - » Composant additionnels: ailes et hélices
 - » Moteurs puissant



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Objectif de Clean Sky 2 :
 - Orientation vers:
 - LifeRCraft (low impact, fast and efficient RotorCraft)
 - » But réduire le poids
 - » Améliorer l'aérodynamique (réduction de la trainée, augmentation de la finesse)
 - » Amélioration de la manoeuvrabilité
 - » Diminution des coûts opérationnels



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Objectif de Clean Sky 2 :
 - Orientation vers:
 - Avions à ailes « plus efficaces » (rendement accru)
 - Architectures « plus électrique »
 - Fuselage « plus laminaire »
 - Ailes innovatives (concept rhomboïde)
 - Fuselage non-cylindrique
 - Approche nouvelle pour la protection contre le givre pour les avions prévus en 2030

F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Programme français: CORAC (Conseil pour la Recherche Aéronautique Civile)(2008)
 - But:
 - Recherche et innovation dans le domaine aéronautique
 - Préservation de l'environnement et développement durable
 - Diminution de l'empreinte environnementale du transport aérien
 - Vise à atteindre les objectif d'ACARE



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Programme français: CORAC (Conseil pour la Recherche Aéronautique Civile)(2008)
 - S'articule autour des mêmes thèmes que Clean Sky
 - 4 grands axes de recherche:
 - Cellules et aérostructure
 - Propulsion
 - Systèmes et avionique
 - Gestion optimisée de l'énergie



F.C. div A.O.M. 2016



Nuisances

- Programmes
 - Programme français: CORAC (Conseil pour la Recherche Aéronautique Civile)(2008)
 - Prévoit 6 plateformes de démonstration
 - L'avion en composites
 - L'avionique modulaire (redondance# dédiés)
 - Le cockpit du futur
 - Un moteur utilisant plus de composite baptisé EPICE (ensemble propulsif intégré avec du composite pour l'environnement)
 - L'hélicoptère du futur
 - Démonstrateur GENOME (avion plus électrique)

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

(Partie 3)

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Production
- Carburants alternatifs

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Production
 - Utilisation actuelle environ 250 millions de tonnes par an
 - Projection utilisation de carburant en 2040-2050:
 - 500 millions de tonnes de kérosène/an

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Production
 - Fabrication:
 - Utilisation d'une tour de fabrication
 - Utilisation du pétrole : la plus grande partie du pétrole s'évapore et monte dans la tour
 - les vapeurs se condensent à différentes hauteurs selon leur composition. Cela permet d'obtenir une dizaine de types de produits différents.

F.C. div A.O.M. 2016



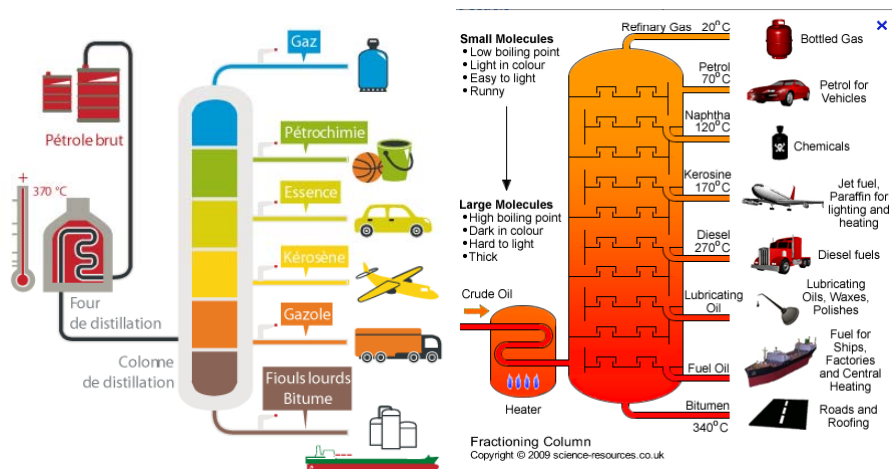
Carburants

- Production
 - les éléments les plus lourds du brut sont extraits
 - le Jet A1 et une partie du diesel pour auto sont extraits
 - L'essence aviation AVGAS "100LL", nécessite une deuxième distillation sous vide.

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants



F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Production
 - L' Europe a établi en 2011 une feuille de route intitulée « biofuel flight path 2020 »
 - Objectif:atteindre une production annuelle de 2 millions de tonnes de carburant aéronautiques « drop in » à l'horizon 2020

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Production
 - Drop-in:
 - Carburants pouvant être utilisés sans modification nécessaire du moteur ou de toute autre partie de l'avion
 - Éventuellement mélangé à du kérosène usuel (Jet A1)

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Production
 - Contraintes à respecter (certification):
 - Capacité à pouvoir être utilisé à basse température
 - -40°C pour Jet A
 - -47°C pour Jet A1
 - Apport énergie minimale
 - 42800 kj/kg
 - Densité
 - Entre 775 et 840 kg/m3

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Production
 - Standards de certification
 - ASTM international (American Standards for Testing and Materials)
 - D1655
 - United Kingdom Ministry of Defense Standard 91-91

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Production
 - La qualification: réponse à des exigences:
 - Pouvoir subir des variations importantes de températures et pressions sans dégradations.
 - Avoir une densité énergétique aussi élevée que le kérozène
 - Être compatible avec l'ensemble des organes moteurs
 - Respect des critères environnementaux

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Production
 - L'industrie de l'aviation met au point de nouveaux critères de certification pour les carburants développés à partir du procédé Fischer-Tropsch

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Vols réalisés à l'aide de carburants alternatifs
 - Vol réalisé par Virgin Atlantic (2008)-Londres Amsterdam (20% bio carburant 80% jet A1)
 - A380 (un moteur alimenté en FT gaz-liquide carburant)
 - B747-400 Virgin Atlantic (2008) (un moteur alimenté avec 20% de biocarburant (mélange huile de Babassu et huile noix de coco))
 - B747-400 Air New Zeland (2008) (un moteur alimenté avec 50% de biocarburant à base de Jatropha et 50% de kérosène)
 - B747-300 Japan Airlines (2009) (50% camelina, (Jatropha,algue)+50% kerosene) (moteurs PW)
 - B737-800 Continental Airlines (2009) (50% kerosène+50% algue et jatropha)

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Hydrotraitement des huiles (ex Jatropha)
 - Permet une réduction des gaz à effet de serre de 30%
 - Inconvénient: manque de ressource naturelles:
 - 160 millions de tonnes d'huile correspondent à 130 millions de tonnes par an de biokérosène
 - Concurrence avec les usages alimentaires et les objectifs de protection de la biodiversité

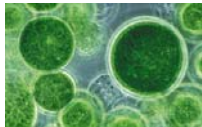


F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Microalgues
 - Avantages
 - Potentiel important
 - Culture hors sol n'entre pas en concurrence avec les usages alimentaires
 - L'extraction des lipides laisse des coproduits (hydrates de carbone, protéines) pouvant trouver un marché
 - Bilan en CO2 favorable

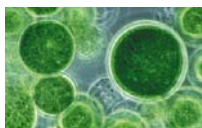


F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Microalgues
 - Inconvénients
 - Déploiement industriel non envisageable avant 2025-2030
 - Consommations en eau et nutriment élevées
 - Au USA pour produire 5% du carburant utilisé pour l'ensemble des transports, il faudrait 6 à 15 millions de tonnes d'azote correspondant à 44% de l'azote utilisée pour l'agriculture américaine.
 - 30 à 50% seulement des lipides générés sont transformables

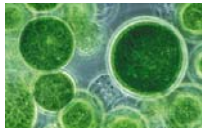


F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Microalgues
 - Inconvénients
 - Coûts de récolte et d'extraction élevés: représentent 70% du prix de revient
 - Modes de cultures non déterminés
 - Total coûts de production trop élevés: 3 à 5.6 euros/l de biokérosène

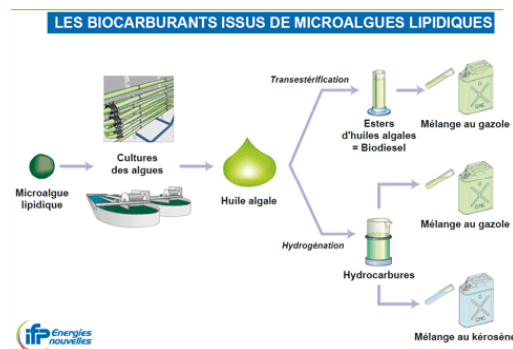


F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Microalgues



F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Thermochimique
 - Biochimique
 - Hybride (combinaison thermochimique et biochimique)

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Thermochimique
 - Conversion d'hydrate de carbone (ou autres éléments contenant du carbone) en gaz synthétiques ou autres produits
 - Nécessite chaleur et catalyseurs

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Thermochimique
 - Exemple: gazification
 - » Processus entre la pyrolyse et la combustion. Il permet de convertir des matières carbonées ou organiques en un gaz de synthèse combustible (appelé « syn-gas »), composé majoritairement de **monoxyde de carbone (CO)** et de **dihydrogène (H₂)**, contrairement à la combustion dont les produits majoritaires sont le (CO₂ et l'H₂O).

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Thermochimique
 - Exemple: gazification
 - » Utilisation de charbon, de bois, déchets du bois, paille, déchets d'agriculture
 - » Globalement: charbon, biomasse, gaz naturel
 - » (serait également utilisable à partir de déchets ménagers ou de boues d'épuration)

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

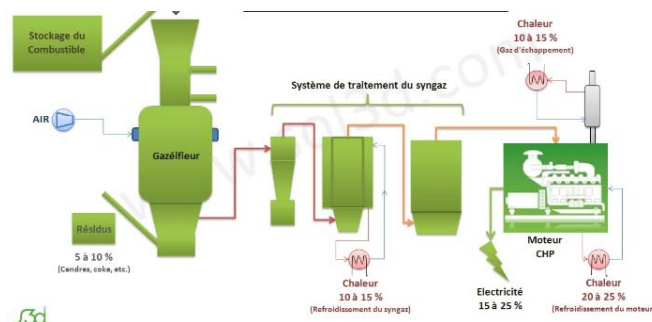
- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Thermochimique
 - Exemple: gazification
 - » Principe: à des températures élevées et avec un déficit en oxygène (ou en injectant une quantité contrôlée d'oxygène/ou de la vapeur) à haute température (600-1 800 °C), la matière carbonée par réaction thermochimique va se pyrolyser (ou volatilisation)

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Thermochimique
 - Exemple: gazification



F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Thermochimique
 - Exemple: gazification
 - Avantages:
 - » ressources potentielles plus élevées que la filière huile
 - » Peut aboutir à une réduction de 60% des émissions de gaz à effet de serre par rapport aux hydrocarbures
 - » Présente moins de concurrence d'usage avec les filières agroalimentaires que la filière « huile »

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Thermochimique
 - Le **syngas** obtenu peut aussi servir à produire
 - » du méthanol
 - » de l'hydrogène,
 - » ou des carburants de synthèse via le **Procédé Fischer-Tropsch**

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Thermochimique
 - **Procédé Fischer-Tropsch:**
 - » développé en 1920 par deux scientifiques allemands pour produire des carburants synthétiques à partir de charbon.



F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Thermochimique
 - **Procédé Fischer-Tropsch:**
 - » Principe: catalyse de monoxyde de carbone et d'hydrogène en vue de les convertir en hydrocarbure. Dans ce procédé chimique, les catalyseurs utilisés sont le fer, le cobalt ou le ruthénium, ainsi que le nickel (permet formation de méthane).

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Thermochimique
 - Biochimique
 - Conversion biomasse en carburant et au final production d'alcool
 - Nécessite l'utilisation d'enzymes et autres organismes

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Thermochimique
 - Biochimique
 - » Utilisation de charbon, de bois, déchets du bois, pieds de maïs, maïs, canne à sucre, paille, déchets d'agriculture...

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Biochimique
 - Principe: débute par une hydrolyse: décomposition par l'eau grâce aux ions H_3O^+ et HO^- provenant de la dissociation de l'eau.
 - exemple, l'hydrolyse du saccharose donne du glucose et du fructose (sucre), ou encore, l'hydrolyse d'un ester donnera un alcool et un acide.
 - la réaction d'hydrolyse d'un ester est : $\text{R1-COO-R2} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{R2-OH (alcool)} + \text{R1-COOH (acide)}$

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

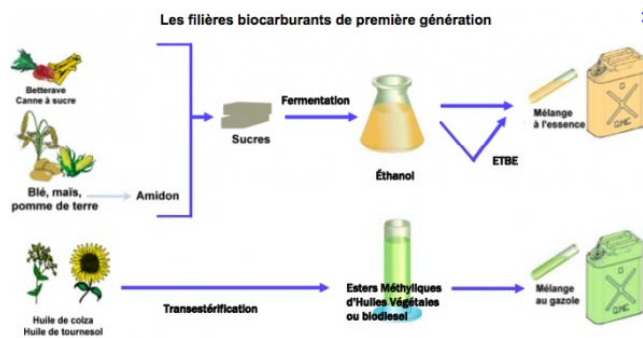
- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Biochimique
 - Principe : se poursuit par une fermentation alcoolique réalisée par de nombreux organismes vivants (bactéries, levures) dans un milieu dépourvu d'oxygène.
 - Production finale d'éthanol et de butanol

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Biochimique

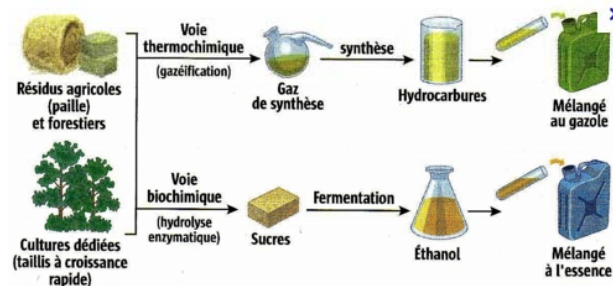


F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - 3 types de productions principales
 - Thermochimique
 - Biochimique



F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Les alcools
 - Densité plus faible que les carburants actuels type JetA1
 - Soluble dans l'eau et dans l'huile
 - Problème avec alcools à faible nombre de carbone qui attirent l'eau
 - Problèmes de combustion engendrés
 - Alcools à multiples chaînes carboniques préférés

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Les alcools
 - Ethanol
 - Faiblement énergétique: **28.9 MJ/kg**
 - » Pour effectuer une même mission :60% de plus de carburant sera nécessaire
 - Utilisé en remplacement de l'essence dans les moteurs type Lycoming IO-360, IO-540 et sur les cessna 152
 - » Au Brésil par exemple environ 200 petits avions opèrent avec de l'éthanol
 - Son indice d'octane élevé permet d'augmenter le taux de compression et d'augmenter les performances et le rendement du carburant

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Les alcools
 - Butanol
 - Taux énergétique: **33MJ/kg** (plus élevé que l’Ethanol)
 - » insuffisant par rapport à l’énergie produite par le JetA1 (**42.8MJ/kg**)

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Hydrogène liquide
 - Caractéristiques:
 - Taux énergétique: **120MJ/kg** (très élevé)
 - La densité énergétique est élevée par unité de masse mais faible par unité de volume (même dans un état liquide)
 - » La masse d’hydrogène nécessaire pour une même mission est 30 à 35% la masse de kérosène.
 - » Le volume de stockage est d’environ 4 fois celui du kérosène (densité hydrogène liquide :70kg/m³ (1b,20K), densité kérosène 800kg/m³).

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

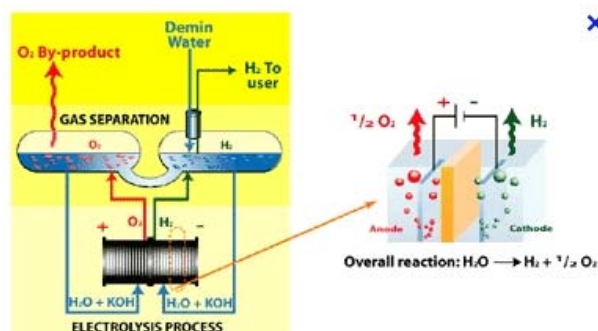
- Carburants alternatifs
 - Hydrogène liquide
 - Caractéristiques:
 - Utilisable dans des piles à combustible pour alimentation électrique (ex: moteurs électriques)
 - Stocké à température très basse (-253°C)

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Hydrogène liquide

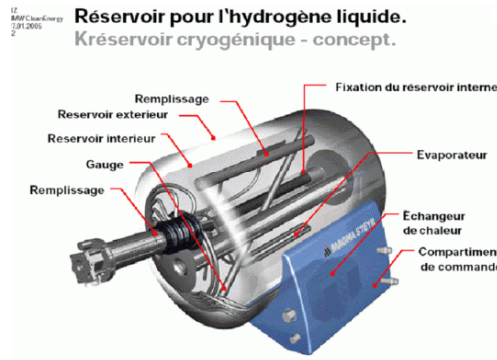


F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Hydrogène liquide

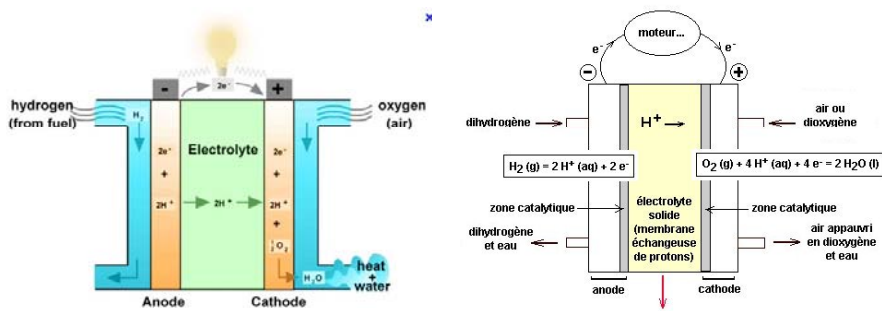


F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Hydrogène liquide
 - Pile à combustible



F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Hydrogène liquide
 - Inconvénients si carburant
 - La production (couteuse en énergie)
 - Le stockage
 - La chambre de combustion à modifier (inflammabilité rapide de l'hydrogène)
 - Difficilement utilisable dans le futur
 - Nécessiterait de profonds changements d'équipement de l'avion (ex: réservoirs de carburant à renforcer)
 - Ajout de nouveaux systèmes garantissant la sécurité

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Hydrogène liquide
 - Historique:
 - En 1937, premier prototype de réacteur à hydrogène (USA)
 - En 1955 études du Lewis Flight Propulsion Laboratory (Cleveland – Ohio – U.S.A.)
 - » 1958: Essai sur un B57, bombardier léger biréacteur mais coûts logistiques trop chers, pas d'application opérationnelle
 - En 1988, en Russie, essai avec un TU-155 (TU-154 de transport civil modifié)

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs
 - Hydrogène liquide
 - Historique:
 - Années 80, en Allemagne, travaux sur:
 - » Dérivé du Dornier DO-328 mais travaux interrompus par le manque de financement et le rachat de Dornier par Fairchild
 - Projet européen Cryoplane (2000)
 - » Étude sur une version hydrogène de l'Airbus A300
 - » Faisabilité technique démontrée mais projet non poursuivi

F.C. div A.O.M. 2016



Carburants

- Carburants alternatifs

Carburant	chaleur de combustion (MJ/kg)	point d'éclair (C°)	point de gel (°C)
JetA1	42,8 minimum	38 minimum	-47
gaz naturel comprimé	50		-182,2
hydrogène liquide	120	-253	-259,2
méthane liquide	50	-162	-182,5
gaz liquéfié	46	(-42 à -0,5)	<-138,4
butanol	33	37	-90
ethanol	28,9	13	-114

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

(Partie 4)

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Progrès technologiques
- APU
- Soufflante à réducteur mécanique
- Matériaux composites
- Turbines
- Nouveaux moteurs
- Futurs moteurs
- Open rotor
- Ingestion couche limite

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Progrès technologiques
 - Les améliorations passent par les progrès dans le circuit primaire, c'est à dire:
 - Augmentation des rendements thermodynamiques
 - Augmentation des températures et des pressions
 - Amélioration des matériaux (diminution de la masse) pour les parties chaudes de la chambre de combustion
 - Amélioration des composants du cycle de combustion: meilleure compréhension de l'aérodynamique de combustion afin d'élever la température et améliorer le cycle de combustion

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Progrès technologiques
 - Les améliorations passent par les progrès dans le circuit primaire, c'est à dire:
 - Actuellement une partie du carburant s'échappe de la chambre de combustion sans avoir été brûlé.
 - Idée de combustion à volume constant ou fonctionnement de la chambre de combustion de type « pulse detonation engine » (chambre multiples avec compression par onde de détonation) (voir après)

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Progrès technologiques
 - Les améliorations passent par les progrès dans le circuit primaire:
 - Résultats : gains espérés: 10 à 15% de rendement

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

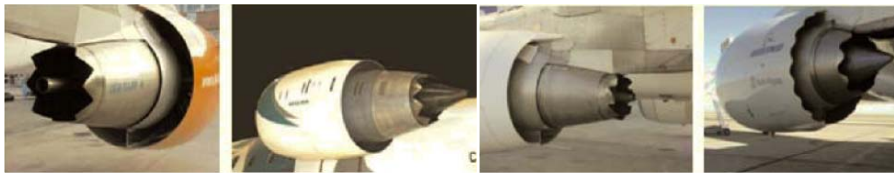
- Progrès technologiques
 - Les améliorations passent par les progrès dans le circuit secondaire:
 - Exemple: Open rotor (voir après)

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Progrès technologiques (réduction bruit)
 - Optimisation des tuyères



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Progrès technologiques (réduction bruit)
 - Aérodynamique de la soufflante



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Progrès technologiques (réduction bruit)
 - Evolution des hélices groupe turbo-propulseurs



1960...
ex : Fokker 27



1990...
ex : ATR 42-500



2010...
ex : A400M

F.C. div A.O.M. 2016



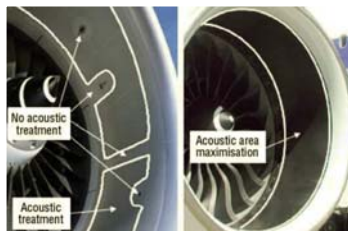
Evolution moteur

- Progrès technologiques (réduction bruit)
 - Dispositifs anti-bruit

Inclinaison de
l'entrée nacelle



Traitement de
l'intérieur nacelle



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- APU (auxiliary power units)
 - Permet la génération d'énergie pneumatique et électrique
 - Consommatrice de carburant (ex: B777...)
 - Possibilité d'utilisation dans le futur d'un autre système (ex: pile à combustible).

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- APU (auxiliary power units)
 - En attendant de nouvelles technologies:
 - But à atteindre: permettre à l'APU d'apporter toute l'énergie électrique nécessaire dans l'avion de façon à réduire la consommation des moteurs (sources d'énergie de l'avion).



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

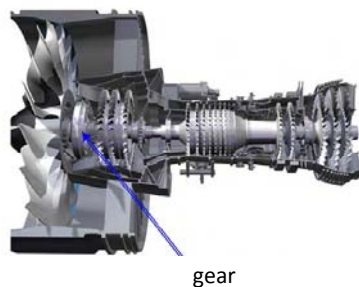
- Soufflante à réducteur mécanique (geared turbofan)
 - (ATFI:advanced Technology Fan Integrator)
 - Prochaine génération de moteur à fort taux de dilution en développement chez PW
 - Intégration d'un réducteur épicycloïdal reliant le fan et le compresseur basse pression et les éléments turbines

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Soufflante à réducteur mécanique (geared turbofan)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Soufflante à réducteur mécanique (geared turbofan)
 - Réducteur de vitesse entre la turbine et le fan qui améliore l'efficacité de la propulsion
 - Autorise la turbine à tourner à un régime plus élevé et à être plus petite: réduction volume moteur
 - Permet au fan et au compresseur basse pression de tourner à leurs vitesses optimales.
 - Gain en performance, poids, coûts



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Soufflante à réducteur mécanique (geared turbofan)
 - Le fan tourne à une vitesse inférieure par rapport aux étages du compresseur basse pression.
 - D'où un moteur moins bruyant avec un fan de même diamètre tournant à une vitesse plus faible
 - Réduction du bruit
 - Ou ,possibilité d'agrandir le diamètre du fan avec des ailettes tournant à la même vitesse que dans un moteur non équipé

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Soufflante à réducteur mécanique (geared turbofan)
 - Pouvoir agrandir le diamètre du fan permet de réduire la consommation carburant grâce à une augmentation du taux de dilution
 - Le GTF possède 18 aubes
 - Chaque aube peut être réalisée plus légère à cause de la faible vitesse de rotation du Fan
 - Ainsi la réduction en carburant utilisé peut être de 12%

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Soufflante à réducteur mécanique (geared turbofan)
 - Les mêmes bénéfices proviennent des vitesses de rotation plus élevées des compresseurs et turbines basses pression
 - Une turbine basse pression tournant à une vitesse plus élevée peut entraîner compresseur et fan avec moins d'étages.
 - De même pour le compresseur basse pression: moins d'étage nécessaires pour le même rapport de débit de masse.

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Soufflante à réducteur mécanique (geared turbofan)
 - Performances attendues
 - 12% de réduction de carburant
 - 15dB sous les contraintes chapitre 4
 - 40% de réduction des coûts de maintenance

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Soufflante à réducteur mécanique (geared turbofan)
 - Paramètres publiés
 - Poussée/moteur
 - 6.7t (MRJ-70 pax (Mitsubishi))
 - 7.7t(MRJ-90pax)
 - 10.4t(Cseries-110 et 130 pax (Bombardier))
 - Taux de dilution
 - 11:1 (pour les Cseries)

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Soufflante à réducteur mécanique (geared turbofan)
 - Paramètres publiés
 - Diamètre Fan
 - 142 cm pour MRJ
 - 177 cm pour Cseries
 - 195 cm pour la classe des 13.5t de poussée par moteur
 - RPM fan
 - 1/3 de la vitesse de rotation des étages basse pression
 - Architecture HP
 - 8 étages (compresseur)
 - 2 étages (turbine)

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Soufflante à réducteur mécanique (geared turbofan)
 - Paramètres publiés
 - Architecture BP
 - 3 étages (compresseur)
 - 2 ou 3 étages (turbine)
 - Vitesse de rotation des étages basse pression
 - 9000 RPM

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

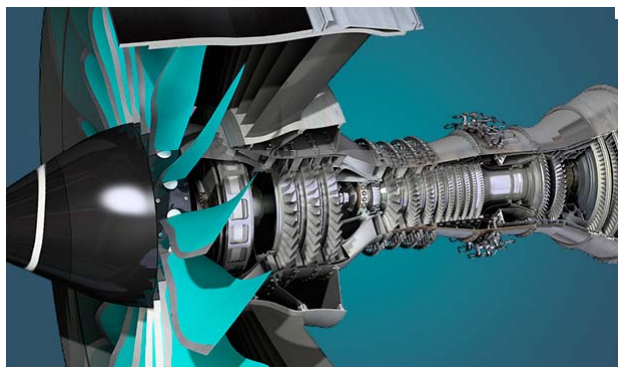
- Soufflante à réducteur mécanique (geared turbofan)
 - Ultrafan de Rolls-Royce (2025)
 - Évolution du Trent XWB (architecture triple corps) (A350)
 - Taux de dilution:15 (Trent XWB:10)
 - Taux de compression:70
 - Réduction de carburant : au moins 25% par rapport à un Trent 700

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Soufflante à réducteur mécanique (geared turbofan)
 - Ultrafan de Rolls-Royce (2025)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Matériaux composites au niveau des moteurs (composites thermostucturaux)
 - Tissage tridimensionnel de la fibre de carbone
 - Composites déjà utilisés pour les aubes du fan (ex: moteur leap de CFMI)
 - Dans le futur pour les premiers étages des compresseurs BP, pour les redresseurs en aval du fan (outlet guide vane)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Matériaux composites au niveau des moteurs (composites thermostucturaux)
 - Avantages:
 - Légèreté
 - Extrême résistance aux chocs thermiques
 - Stabilité mécanique aux très hautes températures
 - Conservent la propriété structurale jusqu'à 1400°C



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Matériaux composites au niveau des moteurs (composites thermostrostructuraux)
 - Utilisation future (2020-2025) probable sur
 - Parties chaudes des réacteurs
 - Turbines
 - Chambre de combustion

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Turbine
 - Les systèmes de refroidissement ont permis de pouvoir élever la température en entrée turbine.
 - Afin de pouvoir atteindre 1526°C (1800K), on doit pouvoir utiliser des composés à matrice céramique

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Turbine
 - Utilisation de matériaux composites sur Trent 900 de l'A380
 - Utilisation dans les aubages de résine epoxy à la place de structure en nid d'abeille ou de mousses pour amortir les vibrations et offrir un vaste spectre de températures de fonctionnement
 - Bonne résistance à l'endommagement .Ce matériaux est également un bon absorbant phonique.

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Nouveaux moteurs:
 - PW1100 (A320neo)
 - Innovations:
 - Réducteur de puissance pour diviser par 3 la vitesse de rotation de la soufflante par rapport aux parties basses pression: possibilité d'augmentation du diamètre de la soufflante jusqu'à 2.06m



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Nouveaux moteurs:
 - Leap 1A (CFMI) (A320neo) (leading edge aviation propulsion)
 - Caractéristiques:
 - Soufflante: 1.98m
 - Taux de dilution: 11
 - Taux de compression: 1:40
 - 22 étages
 - Parties compresseur inchangée : 3 étages BP et 10 HP
 - Poussée entre 10 et 14 tonnes
 - Masse (2.3t) inférieure de 250kg par rapport au CFM56

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Nouveaux moteurs:
 - Leap 1A (CFMI) (A320neo) (leading edge aviation propulsion)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Nouveaux moteurs:
 - Leap 1A (CFMI) (A320neo)
 - Innovations:
 - Soufflante en composite tissée 3D
 - Masse de 5kg pour chacune des 18 aubes, contre 11kg si fabriquées en titane
 - Injecteurs carburant réunis en 1 seul bloc plus légers (différent de l'assemblage de 18 composants)
 - Intégration d'un circuit de refroidissement interne réduisant les phénomènes de pyrolyse du carburant dégradant les performances des injecteurs en fonction du temps

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Futurs moteurs:
 - Trent 7000 (RR) (A330neo)
 - Caractéristiques:
 - Soufflante: 2.84m
 - Taux de dilution: 10
 - Taux de compression: 1:50
 - Triple corps
 - Poussée 31t à 33t
 - Disques aubagés monoblocs (blisks)
 - Nouveau calculateur de régulation numérique (fadec)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Open Rotor:
 - Concept déjà étudié depuis de nombreuses années
 - Les moteurs actuels atteignent une limite en taille
 - La suppression de la nacelle et des carters permet de repousser ces limites
 - Préalablement laissé de côté à cause:
 - de problèmes de bruit des hélices et de fiabilité
 - de la stabilisation du prix du pétrole



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Open Rotor:
 - Introduits comme démonstrateurs de technologie sur Boeing B7J7 et McDonnell Douglas MD94x fin des années 80.



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Open Rotor:
 - Constructeur SNECMA (groupe safran)
 - Banc d'essai avec maquette juillet 2015
 - Équiperait les avions horizon 2030
 - But :réduire la consommation en carburant

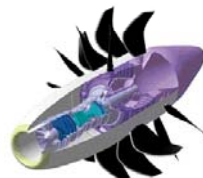


F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Open Rotor:
 - Phase d'essai au sol financée par l'Europe dans le cadre du programme Clean Sky (volet 2 sous- programme SAGE (sustainable and green engine)
 - Essai en vol dans le cadre de Clean Sky 2 avant 2020 (?...)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Open Rotor:
 - Pourquoi?
 - Principe :augmenter le taux de dilution pour diminuer la consommation spécifique du moteur
 - Le taux de dilution augmente avec le diamètre de la soufflante
 - Le rendement propulsif du moteur augmente
 - Mais sur moteur classique si le diamètre soufflante augmente, la nacelle et les inverseurs de poussée aussi
- ➡ masse et trainée ➡

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Open Rotor:
 - Description
 - Soufflante non carénée ,fixée directement sur la turbine de puissance via un réducteur de puissance
 - Configuration retenue: celle du propulseur (permet d'être intégrée à l'arrière de l'avion)
 - Soufflante avec deux rangée d'hélices contre rotatives



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Open Rotor:
 - Conception
 - Afin d'atteindre des mach élevés (0.80), une double rangée est nécessaire
 - Première rangée (ex: 12 aubes)
 - Seconde rangée arrière (ex :10 aubes)
 - Rotation des systèmes en sens inverse (800t/min)

F.C. div A.O.M. 2016

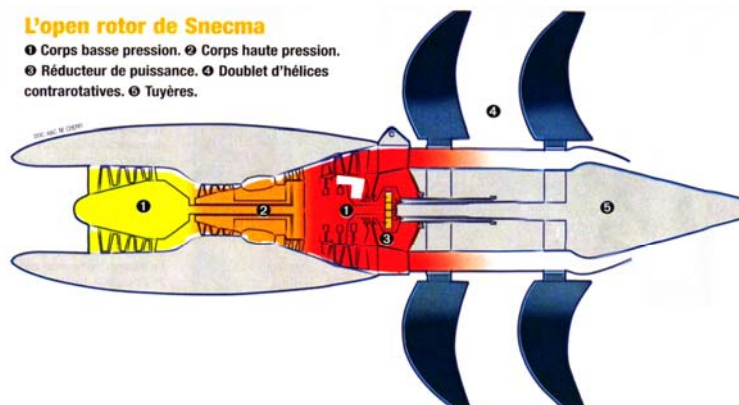


Evolution moteur

- Open Rotor:

L'open rotor de Snecma

❶ Corps basse pression. ❷ Corps haute pression.
❸ Réducteur de puissance. ❹ Doublet d'hélices
contrarotatives. ❺ Tuyères.



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Open Rotor:
 - Conception
 - Un système de variation de pas sera mis en place afin de remplacer les inverseurs de poussée
 - Snecma et ONERA ont démontré que l'open rotor pourrait satisfaire la nouvelle réglementation OACI (exigences acoustiques chapitre 14) pour les avions certifiées après 2017.



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Open Rotor:
 - Exemple de configuration:
 - Poussée 11 tonnes
 - Rangées d'hélices contre rotatives de 4.2 m de diamètre
 - Hélices en fibre de carbone tissées 3D
 - Taux de dilution 35
 - 30% de réduction de consommation par rapport à un CFM actuel.



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Open Rotor:
 - Essais
 - Airbus supervisera les essais en vol d'un démonstrateur « open rotor » (de SAFRAN) sur un A340-600 modifié



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Open Rotor:
 - Problèmes:
 - accroissement diamètre soufflante (volume à prendre en compte)
 - pénalisé en poids par la présence d'un réducteur de vitesse (pour entrainer les hélices) et des systèmes modifiant le pas des pales
 - Le bruit interne et externe à l'avion

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Open Rotor:
 - Problèmes:
 - La sécurité par rapport aux hélices non carénées
 - renfort sur le fuselage à prévoir
 - possibilité de dommage au niveau des ailes ou du fuselage
 - Choix d'une disposition arrière possible
- Fiabilité opérationnelle en configuration réelle de vol durant toute la durée de vie de l'avion



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution moteur

- Ingestion de la couche limite
 - Cette technologie permet au moteur de pouvoir accepter au niveau du fan la couche limite venant d'une autre surface (ex: fuselage) sans créer d'interférences perturbatrices.
 - Si cette technologie est au point alors:
 - Les moteurs peuvent être rapprochés des ailes
 - Les moteurs peuvent être rapprochés du fuselage
 - Cela permet de diminuer la taille et donc le poids des pylones



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

(Partie 5)

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion électrique
- Avion à propulsion distribuée
- Avion hybride
- Projet Nova
- Avion écologique
- Futurs projets
- Winglets et autres conceptions
- Concepts futuristes
- Train d'atterrissage électrique
- Contrôle de gouverne sans fil
- Gestion énergie de bord
- Matériaux composites

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion électrique
 - Exemple: l'E-Fan
 - Développé en partenariat avec:
 - Le monde universitaire
 - Les petites et moyennes entreprises
 - Les grandes entreprises du secteur aérospatial



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion électrique
 - Exemple: l'E-Fan
 - Conçu par Airbus Group Innovation
 - Fabriqué par « aéro composites saintonge »
 - Premier vol 11 mars 2014
 - Vol officiel 25 avril 2014
 - Mise en place sur le marché prévu en 2017
 - Construction possible de gros porteurs électriques dans les 20 prochaines années



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion électrique

- Exemple: l'E-Fan



- E-Fan 1 sièges en tandem
 - E-Fan 2 sièges côte à côte
 - E-Fan 4 , 4 sièges avec autonomie de plus de 3 h
 - Adapté aux missions courtes durées (30 min à 1h)
 - Adapté à la formation de pilotes débutants, remorquage planeurs, voltige

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion électrique

- Exemple: l'E-Fan



- Bi moteur tout électrique construit en matériaux composites (cofinancé par la DGAC)
 - Moteurs électriques à hélices carénées
 - Entraînement de la roue arrière par un petit moteur électrique de 6kW
 - Trajets courts (45 min à 1h)
 - Devrait faire baisser le niveau de bruit autour des aérodromes
 - Avion exempt de toute émission CO2



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion électrique

- Exemple: l'E-Fan



- Intégration du train d'atterrissage dans le fuselage (diminution de la traînée)
 - Propulsion électrique permet de conserver les performances inchangées par temps chaud et altitude et de réduire vibrations et bruits
 - Intègre un système anticrash par parachute à déploiement pyrotechnique.

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion électrique

- Exemple: l'E-Fan



- Système embarqué de gestion optimisée de l'énergie électrique (e-FADEC)
 - Qui s'occupe automatiquement de toutes les caractéristiques électriques
 - Qui simplifie la surveillance et le contrôle des systèmes associés (allègement de la charge de travail).

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion électrique

- Exemple: l'E-Fan

- Caractéristiques:

- Finesse:16
 - 2 turbines électriques de 1.5 kN de poussée
 - Envergure:9.5m
 - Longueur 6.67 m
 - Batterie lithium polymère (Li-Po) (dans les ailes)
 - Masse à vide: 500kg
 - Vitesse de décollage: 60 kt
 - Vitesse croisière: 86 kt
 - Vitesse maximale: 113kt
 - Autonomie: 1h



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion électrique

- Exemple: l'E-Fan



- Caractéristiques:

- Système de batteries: 120 cellules (Lithium ion polymère) De 250V
 - Capacité nominale des batteries: 40 Ah par cellule (4 volts par cellule)
 - Autonomie: 45 min à 1h
 - Batteries placées à l'intérieur des ailes (avec système de ventilation et de refroidissement passif)

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion électrique

- Exemple: l'E-Fan



- Caractéristiques:

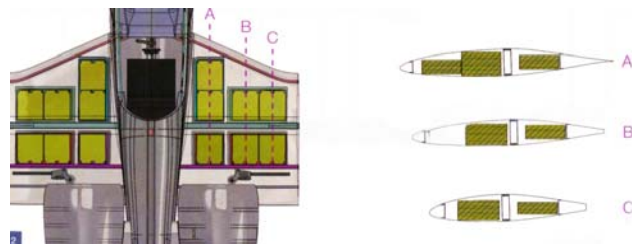
- Futur: nouvelles batteries avec endurance de 1h+ 15 min de réserve
 - Batteries rechargeables en 1 h (ou remplacées)
 - Réseau électrique alimente en 24V l'avionique, les vérins électriques et les radios.

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion électrique
 - Exemple: l'E-Fan
 - Caractéristiques:
 - Système de batteries: 120 cellules (Lithium ion polymère)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion électrique
 - Exemple: l'E-Fan
 - Caractéristiques:
 - Avion équipé d'un système de télémesure:
 - » Enregistrement des paramètres concernant propulsion, batteries, moteurs pour retransmission à une station au sol.
 - » Caméras vidéo embarquées



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion électrique
 - Exemple: Ce-Liner (par Bauhaus Luftfahrt)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion électrique
 - Exemple: Ce-Liner (par Bauhaus Luftfahrt)
 - 180 à 200 sièges
 - Rayon d'action : 600 NM, 900 NM ou 1400 NM
 - dépendant de l'entrée en service (2030-2035 ou 2040)
 - dépendant de l'évolution des technologies, principalement dans les batteries.
 - ailes en « C »
 - propulsion électrique
 - Concept sans émissions gazeuses

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion à propulsion distribuée



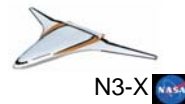
N3-X 


F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion à propulsion distribuée
 - La propulsion est orchestrée par plusieurs petites unités
 - Turbines
 - incorporées dans le fuselage
 - Alimentées par des moteurs électriques
 - Les pièces lourdes et volumineuses sont proscrites, ce qui permet de diminuer la trainée
 - Les fans sont intégrés dans la voilure et peuvent être utilisés comme gouvernes en faisant varier les poussées
 - Conçu pour 300 passagers
 - Réduction consommation carburant de 70%



N3-X 

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion à propulsion distribuée
 - Projets ONERA (*office national d'études et de recherche aérospatiale*)

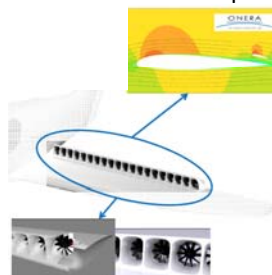


F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion à propulsion distribuée
 - Projets ONERA (*office national d'études et de recherche aérospatiale*)
 - Propulsion répartie avec effet de soufflage aérodynamique
 - Portance locale par utilisation de fans électriques nombreux et de petits diamètre
 - Panne de la propulsion extrêmement improbable



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion hybride
 - E-thrust (Airbus group) (issu de projet DEAP (Distributed Electrical Aerospace Propulsion))
 - Principe: mode de propulsion hybride (kérosène-électrique)
 - But: -permettre une meilleure distribution énergétique et un meilleur dimensionnement de chacun des composants.
 - Obtenir le meilleur rendement entre combustion et propulsion électrique



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion hybride
 - E-thrust (Airbus group)
 - Équipement:
 - Un seul turboréacteur fonctionnant au kérosène servant non à la propulsion mais à produire de l'énergie électrique (à la manière d'un APU)
 - Six soufflantes fonctionnant avec l'électricité produite vont assurer la propulsion.
 - Des batteries



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion hybride

- E-thrust (Airbus group)

- Phases de vol:

- Décollage et montée: soufflantes électriques à la puissance maximale alimentées par le turboréacteur et les batteries
 - Croisière: soufflantes alimentées par le turboréacteur qui assurera également la charge des batteries
 - Descente: vol en mode planeur :batteries rechargées par les soufflantes utilisées en mode éolien
 - Approche et atterrissage : turbogénérateur rallumé pour l'alimentation des soufflantes (sécurité)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion hybride

- E-thrust (Airbus group)

- Difficultés technologiques:

- Travailler à une meilleure intégration des ensembles propulsifs avec le fuselage afin de les ramener au plus près du centre de l'avion où seront les batteries afin de minimiser la longueur des câbles d'alimentation.
 - Développer des batteries plus performantes avec des densités énergétiques d'environ 1000 Wh/kg



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion hybride
 - E-thrust (Airbus group)
 - Difficultés technologiques:
 - Intégrer les turboréacteurs dans le fuselage afin de réduire la traînée
 - Limiter par la même le décollement de la couche limite.



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion hybride
 - E-thrust (Airbus group)
 - Difficultés technologiques:
 - Maîtriser la supraconductivité :les moteurs requièrent une énergie de plusieurs MWh : les câbles d'alimentation doivent être en conséquence.
 - La supraconductivité requiert une très basse température (-250°C)
 - Mettre au point un nouveau réseau électrique à haute tension minimisant la dissipation de chaleur dans les câbles d'alimentation supraconducteurs, entouré de fluide cryogénique.

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion hybride
 - E-thrust (Airbus group)
 - Difficultés technologiques:
 - Repose sur des technologies et des matériaux qui n'existent pas encore
 - Utilisation probable dans une trentaine d'année



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Projet NOVA (Nextgen Onera Versatile Aircraft) (horizon 2025)
 - Débuté en 2011 par l'ONERA
 - Nouvelle intégration motrice
 - Moteur à l'arrière, partiellement intégrés dans le fuselage



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Projet NOVA (Nextgen Onera Versatile Aircraft) (horizon 2025)
 - Moteurs partiellement intégrés dans le fuselage
 - Ingestion partielle de la couche limite, moins énergivore car plus lente



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Projet NOVA (Nextgen Onera Versatile Aircraft) (horizon 2025)
 - Problème de surpoids à l'arrière à compenser
 - Problème de flux d'air entrant diminué (composante essentielle de l'efficacité de la propulsion)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion écologique

- L' Eraole

- Développé par la fondation OcéanVital
 - 2015: premier transatlantique prévu
 - Biplace hybride (25% solaire 75% hydrogène)
 - Propulsion électrique zéro carbone
 - Équipé de 43m² de cellules photovoltaïques réparties sur 4 ailes



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Futurs projets

- Aile volante

- Ex :Bombardier furtif B2
 - Plusieurs projets étudiées dans les années 2000 (Airbus, Boeing , Nasa ,Onera)
 - Gain 10% sur la finesse
 - Contraintes sur le vol à basse vitesse (décollage)
 - Seulement exploitable sur des avions de grande taille (400 pax): problèmes liés aux distances d'évacuation en cabine



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion à hydrogène
 - HY4 :Avion de tourisme 4 places
 - Développé par DLR (Deutsches zentrum für luft und raumfahrt)
 - Propulsion par pile à combustible utilisant l'hydrogène
 - Premier vol :été 2016



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Avion à hydrogène
 - HY4 :Avion de tourisme 4 places
 - Moteur électrique 80kw alimenté par la pile à combustible
 - Batterie lithium pour augmenter la puissance au décollage et en montée
 - Vitesse de croisière 145km/h (max 200 km/h)
 - Autonomie entre 750 et 1500 km
 - Masse max 1500 kg



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Concept futuriste
 - Avion à basse consommation
 - Concept d'avion de 250 places (designer François Watteville)
 - Bimoteur long-courrier à basse consommation baptisé AGA-33



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Concept futuriste
 - Avion à basse consommation
 - Concept d'avion de 250 places (designer François Watteville)
 - Bimoteur long-courrier à basse consommation baptisé AGA-33
 - Caractéristiques
 - Fuselage ovoïde
 - » Avantage: simplification de la production
 - » Meilleures propriétés aérodynamiques: réduction de la surface mouillée (en contact avec l'air)
 - Voilure droite de 68m
 - » Finesse environ 32
 - » Mais vitesse réduite max: 0.72



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Voilures hautes haubanées
 - Réduction du moment de flexion maximal dans la structure
 - Réduction de la masse de la structure à épaisseur de profil constant
 - Réduction possible de l'épaisseur du profil voilure à masse constante (gain aérodynamique)
 - Augmentation de l'allongement possible de l'aile à masse constante: réduction de la traînée induite
 - Intégration possible de moteurs à fort taux de dilution (car voilure haute)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Voilures hautes haubanées
 - Projet « albatros » de l'ONERA vise à évaluer l'efficacité aéro-structurale et le potentiel d'une aile à grand allongement avec haubans
 - Etude sur le design (voilure, raccordement aile fuselage, hauban)
 - Finesse de 32 obtenue grâce à l'allongement des ailes
 - Gain de masse de 40% sur le poids de la structure de l'aile



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Ailes rhomboédrique
 - Nouvelles études succèdent à des études anciennes (*debut 1930*)
 - Très grand allongement permettant
 - Une réduction de la trainée induite de 20 à 30%
 - Une réduction de la trainée totale de l'ordre de 15%
 - Une économie de masse (effet hauban)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Ailes rhomboédrique
 - Défauts:
 - Recherche non aboutie
 - Jonctions entre ailes et fuselage donnent des effets aérodynamiques négatifs
 - Hypersustentation des ailes crée des problèmes au décollage et à l'atterrissage



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

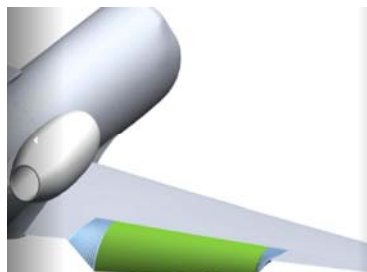
- Futurs projets
 - Volets flexibles
 - Projet ACTE (Adaptative Compliant Trailing Edge) (NASA+ US air force)
 - But rendre décollage et atterrissage plus silencieux
 - Réduire la consommation en croisière
 - Principe : utiliser en lieu et place des volets des structures en composites
 - Plus souple et plus flexible
 - Évitant les interstices lorsque déployés

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Futurs projets
 - Volets flexibles



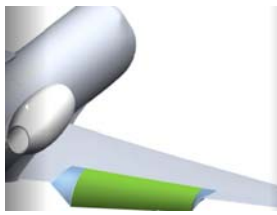
Copyright airetcosmos

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Futurs projets
 - Volets flexibles
 - Projet ACTE (Adaptative Compliant Trailing Edge) (NASA+ US air force)
 - Vols d'essai sur un Gulfstream G3 (été 2014)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Futurs projets
 - Volets flexibles
 - Surfaces mobiles flexibles (volets souples de 6m)
 - Nom: Flexfoil développé par société FlexSys
 - Changement de forme durant le vol
 - Amélioration de l'efficacité aérodynamique
 - Continuité entre la voilure et le volet:
 - Frottement de l'air et bruits générés réduits lors des phases de décollage et atterrissage.

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

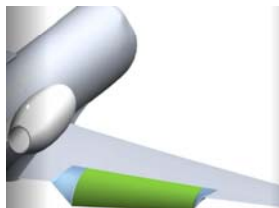
- Futurs projets
 - Volets flexibles
 - Utilisation de matériaux composites (au lieu de l'aluminium)et réduction de la taille des actuateurs:
 - Allègement sensible de la voilure
 - Gain en bruit, efficacité, consommation
 - Possibilité d'implémentation sur de nouveaux avions ou avions rétrofités

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Futurs projets
 - Volets flexibles
 - Essais en soufflerie
 - Tests au sol et en vol (été 2014)
 - Calculs des gains à réaliser



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Sharklets
 - Remplacent les wintip fence sur A320
 - Hauteur:2.5m
 - Air Asia premier operateur équipé (2013)
 - 3.5% de consommation en moins sur 3000NM



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Sharklets (d'Airbus)
 - A350XWB



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Winglets
 - Ailettes intégrées (blended) du B737NG
 - Hauteur: 2.44m



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Winglets
 - Ailettes intégrées (blended) du B737NG
 - Augmentation des performances au décollage qui permettent de réduire la poussée de 3% .
 - En permettant une meilleure pente de montée, en cas de limitation obstacle, par temps chaud, haute altitude ou pour cause de restrictions sonores: possibilité d'augmenter la masse au décollage.
 - Meilleures performances en montée qui permettent de réduire la poussée , ainsi de préserver la durée de vie du moteur et de réduire les coûts de maintenance
 - Niveaux de poussée en croisière réduits de 4%

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

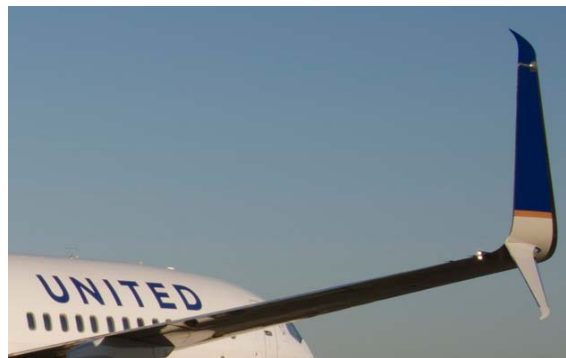
- Winglets
 - Ailettes intégrées (blended) du B737NG
 - Réduction de la trainée de 5 à 7% (pour B737 next gen)
 - Augmentation du rayon d'action
 - Diminution du bruit de 6.5%
 - Diminution des émissions Nox de 5% par diminution de la consommation carburant

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Winglets
 - Split-Scimitar B737NG



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Winglets
 - Split-Scimitar B737NG

-Les winglet divisés "split-scimitar" ont été développés pour les B737NG en 2014. Ils peuvent équiper les B737-800 et 900ER et peuvent être rétrofités sur d'autres appareils.

-Une paire de winglet représente 133kg (294lb) mais offre une économie de 1.6% de carburant sur 1000nm et 2.2% sur 3000Nm. Cela permet une augmentation du rayon d'action.



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Winglets
 - Ailes marginales (Advanced Technology Winglets) B737MAX (double winglets (haut/bas))



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Winglets
 - Ailes marginales (Avanced Technology Winglets)
 - Prévues sur le B737max (premier vol prévu 2016)
 - Contribue à une réduction de carburant de 1.5%
 - Hauteur: 2.9 m
 - Permettent une redistribution de la charge, augmentant l'envergure des ailes. Ils génèrent plus de portance et réduisent la traînée



F.C. div A.O.M. 2016

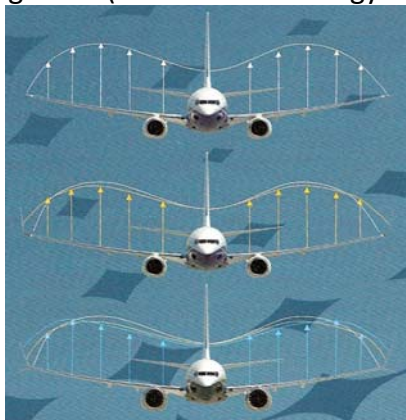


Evolution avion

- Winglets
 - Ailes marginales (Avanced Technology Winglets)

Blended

ATW



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Concept futuriste
 - Becs de bord d'attaque variables
 - Recherche par le centre allemand de recherche aérospatiale (DLR) (collaboration avec Airbus)
 - Bord d'attaque de forme variable (Smart Droop Nose) s'intégrant à la voilure de l'avion
 - Forme du bord d'attaque modifiable pendant les phases de décollage et d'atterrissage



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Concept futuriste
 - Becs de bord d'attaque variables
 - Bord d'attaque peut être abaissé jusqu'à un angle de 20 degrés sans perte de portance réelle.
 - Afin d'éviter les phénomènes de fatigue: bord d'attaque courbé et non allongé
 - Matériau plastique à renfort en fibres de verre.

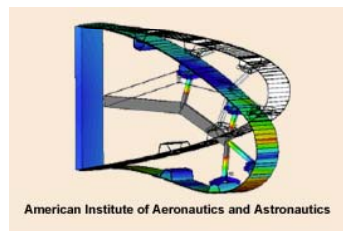


F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Concept futuriste
 - Becs de bord d'attaque variables
 - testé en soufflerie à l'Institut central aérodynamique (TsAGI) de Schukowski (Russie)(27 août - 7 septembre 2012).
 - doit répondre aux exigences en matière de dégivrage, de résistance contre la foudre et les impacts d'oiseaux.



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Train d'atterrissage électrique
 - Le roulage d'un avion est consommateur de carburant ex:
 - ATR72: 7kg/min
 - A318/A319: 10kg/min
 - A320: 12kg/min
 - A320: 14kg/min
 - B777:33kg/min
 - Le temps de roulage pouvant varier entre 15 et 30 min

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Train d'atterrissage électrique
 - Développé par Safran et Honeywell
 - Système EGTS (Electric Green Taxiing System)
 - Démonstration sur A320 (2013)
 - 3000 heures de tests réalisées du banc d'essai
 - 160 km parcourus



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Train d'atterrissage électrique
 - Développé par Safran et Honeywell
 - Système EGTS (Electric Green Taxiing System)
 - Rentré en service en 2016
 - Gain estimé par Air France
 - Quelques % du coût carburant par cycle de vol pour sa flotte (+120 avions court et moyen courriers)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Train d'atterrissage électrique
 - Principe
 - Motorisation électrique des atterrisseurs principaux
 - Alimentation par l'APU (6 fois moins exigeant en carburant que les réacteurs)
 - Autonomie de l'appareil en mouvement avec les deux moteurs éteint



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Train d'atterrissage électrique
 - Gain
 - En carburant estimé pour monocouloir: 4% par cycle de vol complet
 - Réduction émission de CO₂: -75%
 - Réduction émission de Nox: -50%
 - Moteurs préservés: réduction sur les opérations de maintenance
 - Plus d'autonomie d'où temps de roulage raccourcis

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Train d'atterrissage électrique
 - Autre exemple : système « wheeltug »
 - Plusieurs partenaires dont Delta Air Lines
 - Système pouvant être rétrofité ou adapté à un nouveau programme de développement d'avion
 - But: permettre le roulage sans utilisation des moteurs
 - Moteurs sur la roulette de nez ou le train principal



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Train d'atterrissage électrique
 - « Wheeltug » permettrait d'économiser du carburant durant les phases de roulage.
 - Un B737-800 pourrait économiser 6 à 9kg par minute (l'APU est requis pour le fonctionnement des moteurs électriques)
 - Autres avantages:
 - Réduction de l'usure des freins
 - Réduction du bruit durant le roulage

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Train d'atterrissage électrique
 - Autres avantages:
 - Meilleure sécurité pour les personnels au sol
 - Économie sur la maintenance des moteurs



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Contrôle de gouverne « sans fil »
 - Tests réalisés et réussis en 1997 par la NASA
 - Surfaces commandées: ailerons d'un F 18 (Iron bird)
 - Problème si système utilisé en opération: possibilité d'interférence

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Gestion énergie de bord
 - L'électricité remplace progressivement les systèmes hydrauliques et mécaniques
 - Objectif: passer au tout électrique à partir de 2025
 - Gain en masse (car systèmes hydrauliques lourds)
 - Gain en kérosène (roulage sur piste avec moteurs thermiques non adapté)
 - Nécessité de puissance plus forte (1 MW)
 - Des architectures électriques intelligentes (smart grid) pour une gestion optimisée de la distribution vers les différents usages de l'avion
 - De nouvelles technologies de générateurs d'électricité à haute densité
 - De nouvelles technologies de stockage (batteries à grande puissance)

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Utilisation des matériaux composites
 - Existe depuis longtemps mais progresse
 - Composites en céramique dans les moteurs
 - Composites à base de carbone dans l'architecture de l'avion (ailes, fuselage, freins etc...)
 - Sur 40 ans passage de 5% de composites sur A300 à 53% pour l'A350

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Utilisation des matériaux composites

- Avantages:

- Gains en termes d'entretien et de maintenance
 - Gains en masse entraînant des gains en consommation
 - 1 tonne de masse avion économisée se traduit en moyenne par 6000 tonnes de kérosène économisées sur toute la durée de vie de l'avion
 - Ex : composites dans le caisson central de l'A380 réduit le poids de 1.5 tonnes
 - Ex: masse A350 , 15 tonnes plus légère que sans composite
 - Utilisés pour les aubes des turbines

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Utilisation des matériaux composites

- Inconvénients:

- Composites plus rigides que les métaux donc doivent être testés en situation de vibration dynamique (pouvant être amplifiée lors de l'utilisation des commandes de vol)
 - Le foudroiement: les matériaux composites sont isolants et donc subissent les impacts de la foudre
 - Nécessité d'incorporer un maillage métallique qui finalement augmente la masse
 - Le dégivrage
 - Les matériaux métalliques permettent un dégivrage thermique or les matériaux composites ne conduisent pas la chaleur

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution avion

- Utilisation des matériaux composites
 - Inconvénients:
 - Produit complexe pouvant poser des problèmes industriels
 - Moins de recul sur le comportement à long terme
 - Problèmes possibles : Fissures (ex: dans les ailes A380)
 - Emploi nécessaire de titane pour renforcer la structure (couteux et lourd)

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

(Partie 6)

1

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Rappels
- Futurs projets

2

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

Rappels: Inconvénients

- complexité mécanique
- bruit
- vitesse limitée
- fort coût d'exploitation, de maintenance
- forte consommation de carburant
- distance franchissable limitée
- niveau de vol limité d'où vulnérabilité au givrage, aux orages
- dangers occasionnés par : turbulence de sillage, rotor anti-couple (bruyant et dangereux), souffle.

3

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

Rappels: Logistique

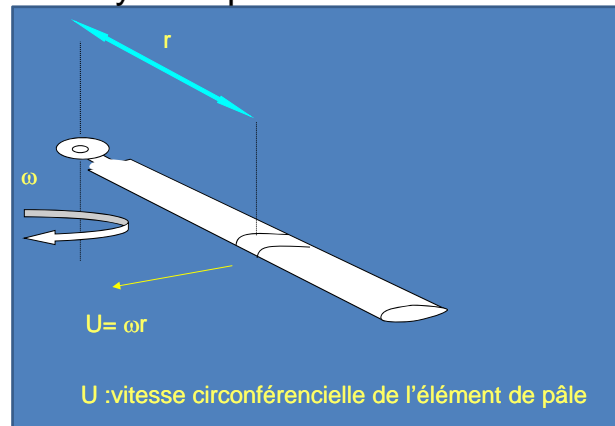
- Manque de plate-formes
- Besoin de création d'itinéraires propres
- Absence d'inter modalité dans les aéroports ou gares

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

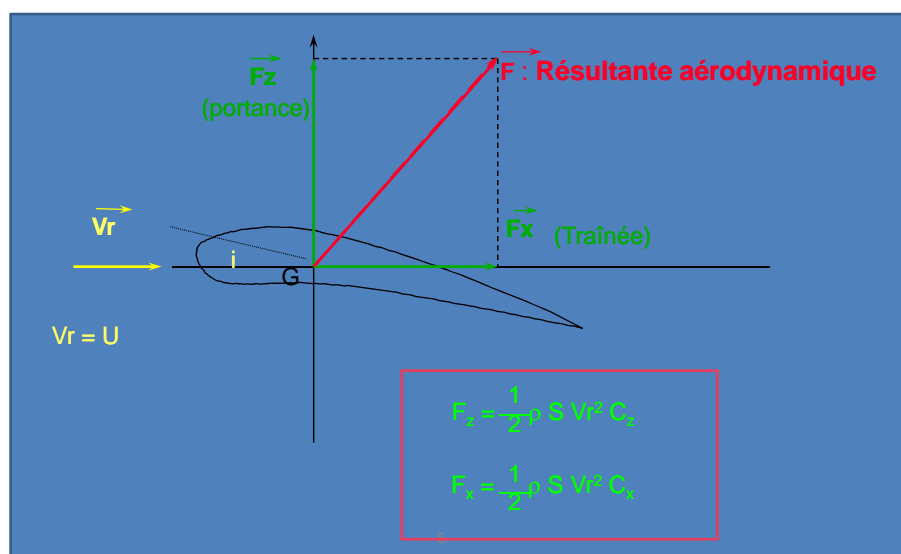
Rappels: Aérodynamique



F.C. div A.O.M. 2016



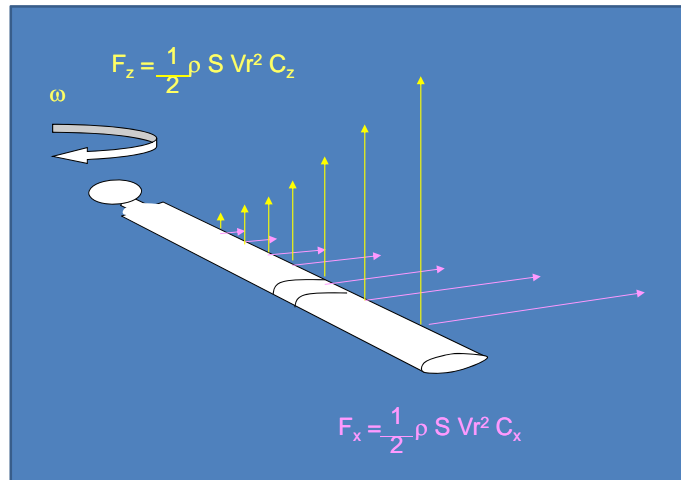
Evolution hélicoptère



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

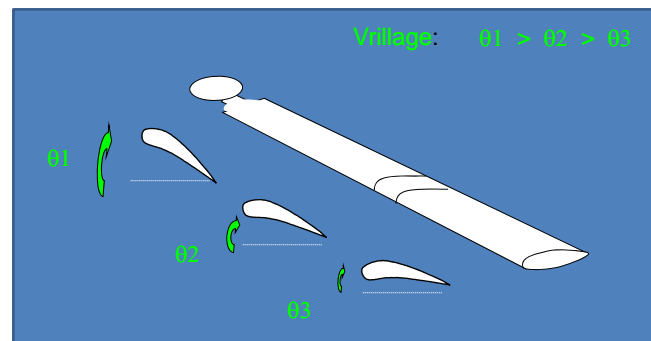


F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

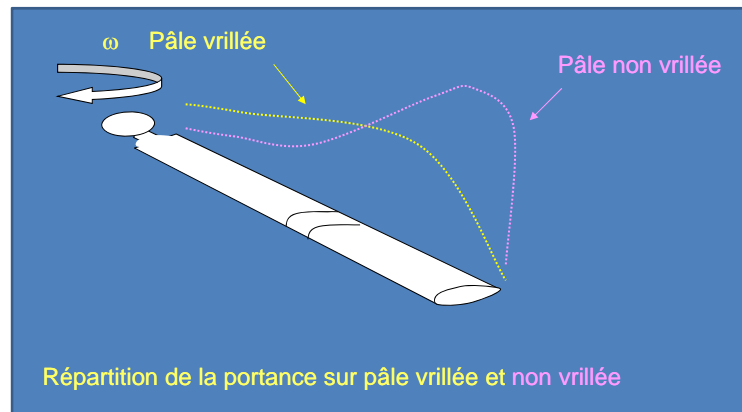
Pâle vrillée: meilleure répartition des efforts et diminution des moments de flexion



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère



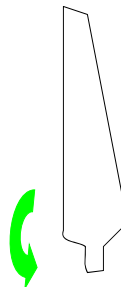
F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

Autre solution permettant de diminuer les moments de flexion à l'implanture:

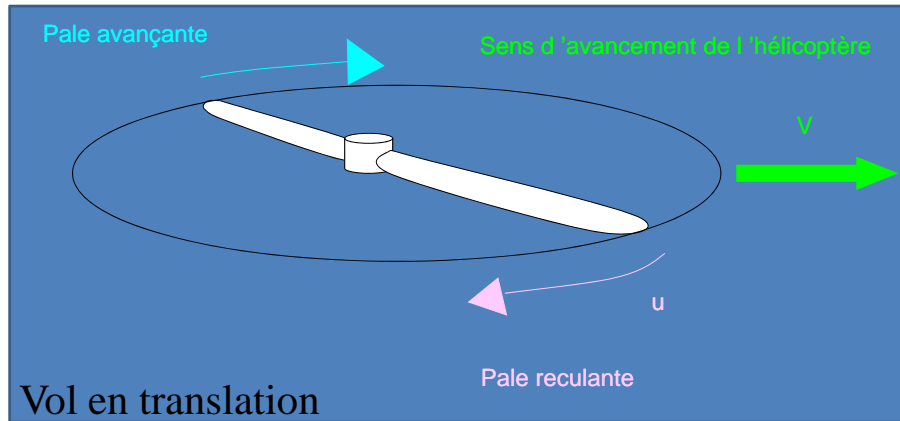
- pâle trapézoïdale: (surface diminuée en bout de pâle)
- profil évolutif, épaisseur dégressive



F.C. div A.O.M. 2016



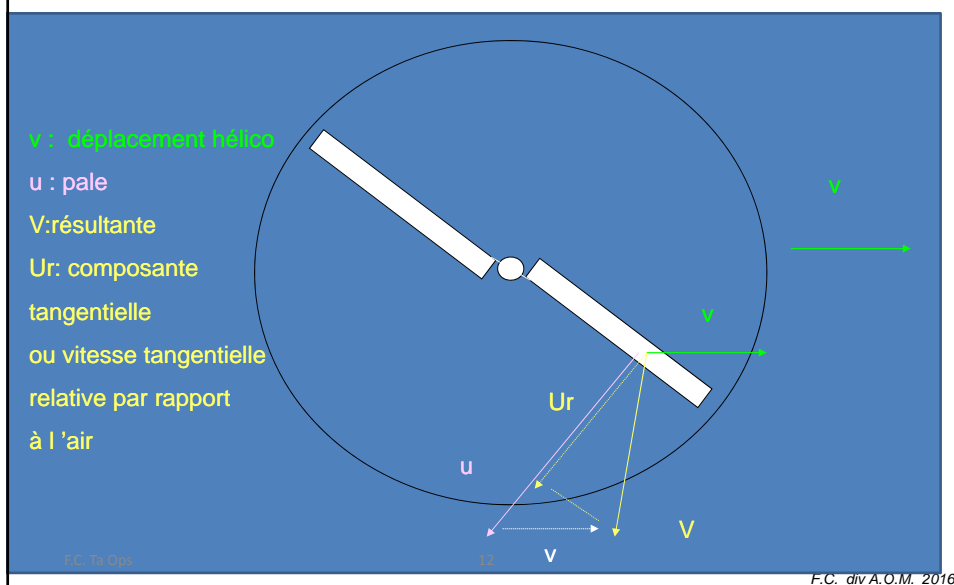
Evolution hélicoptère



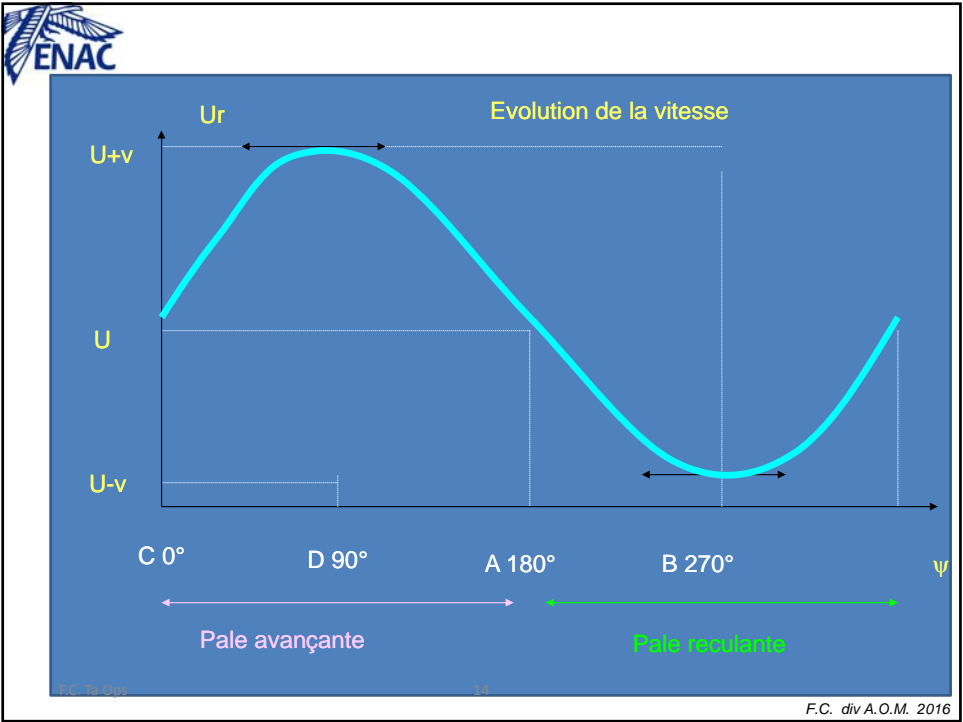
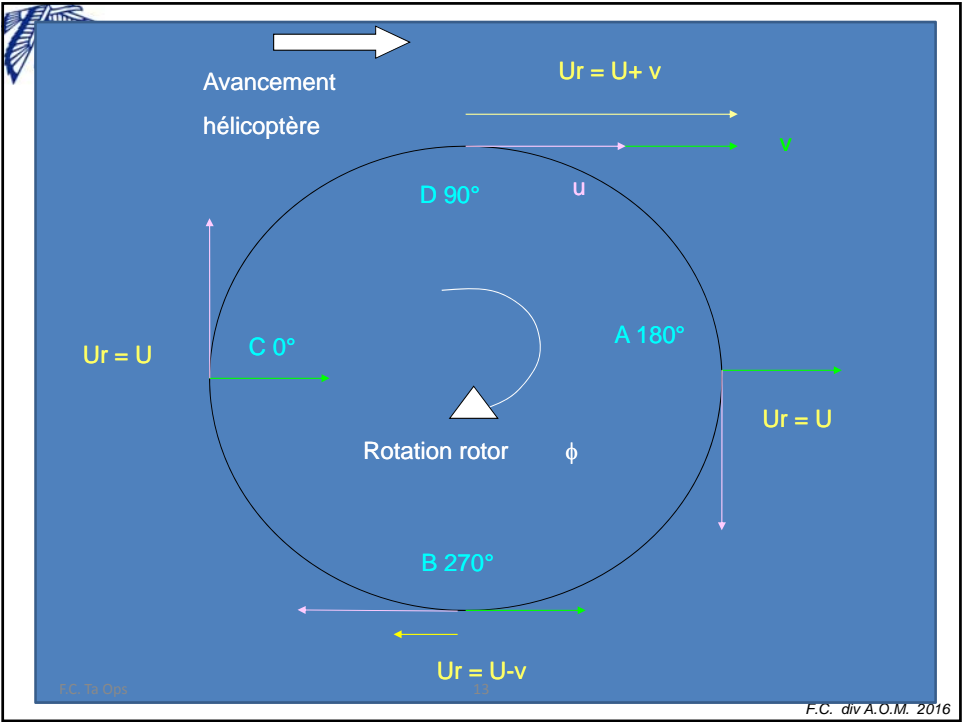
F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

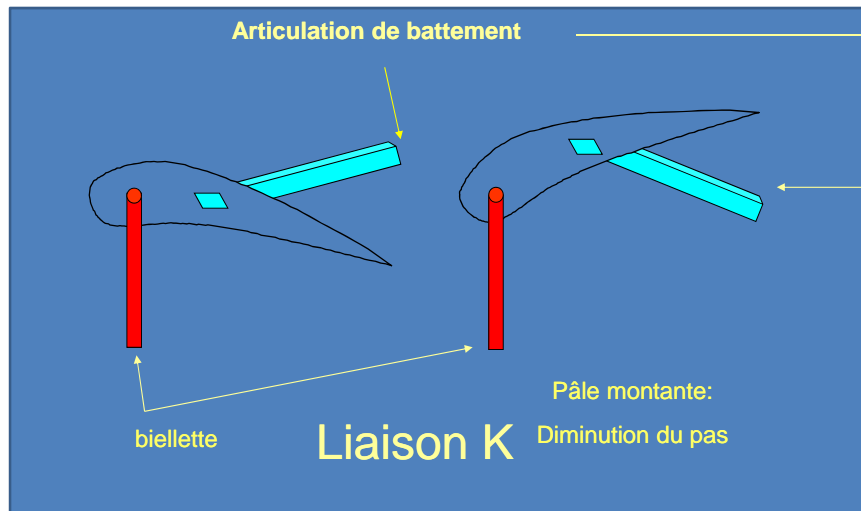


F.C. div A.O.M. 2016

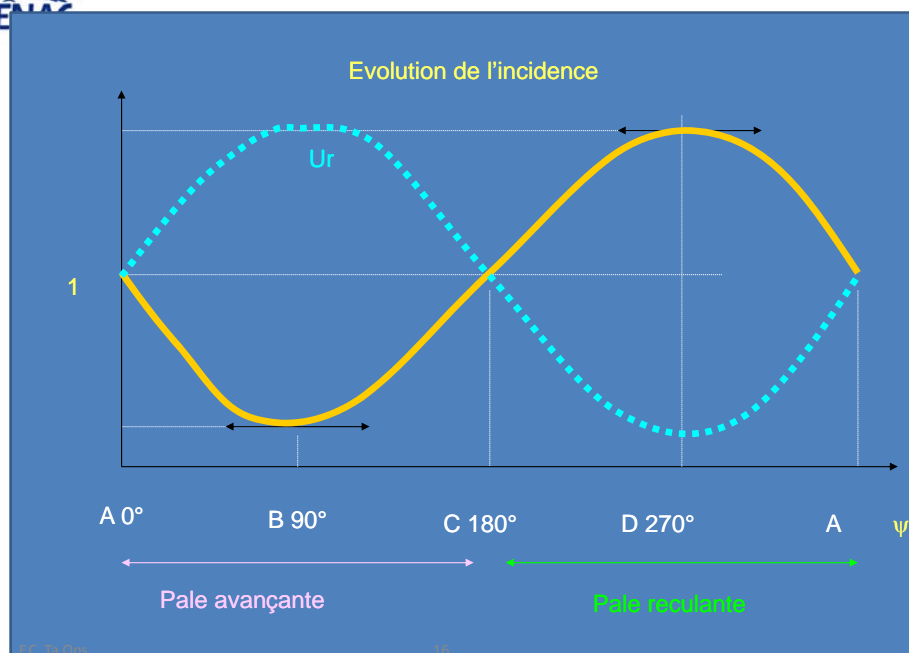




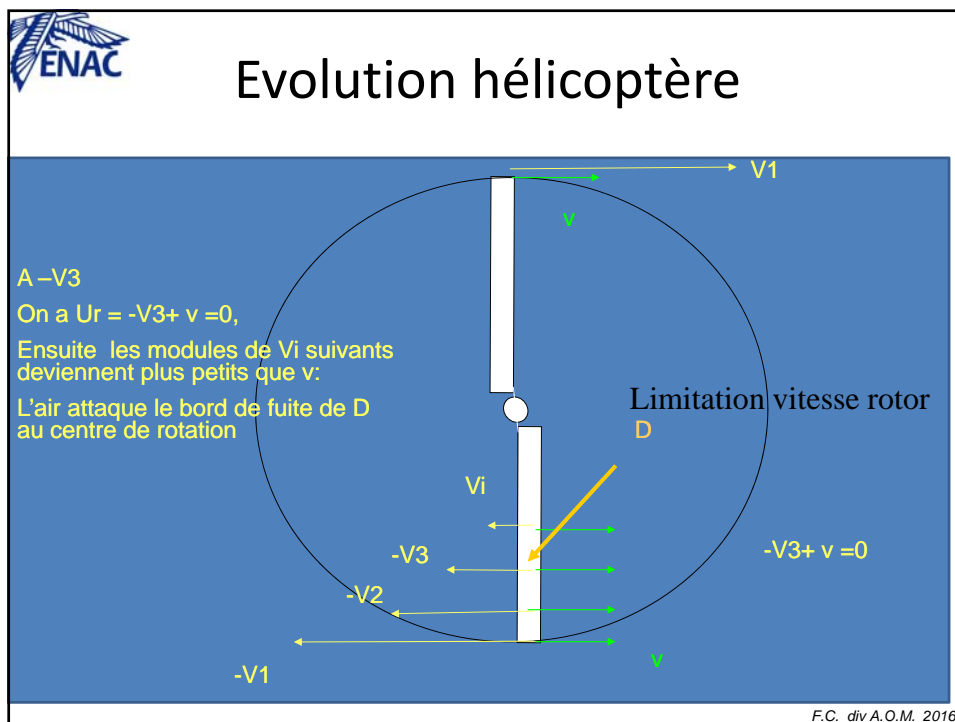
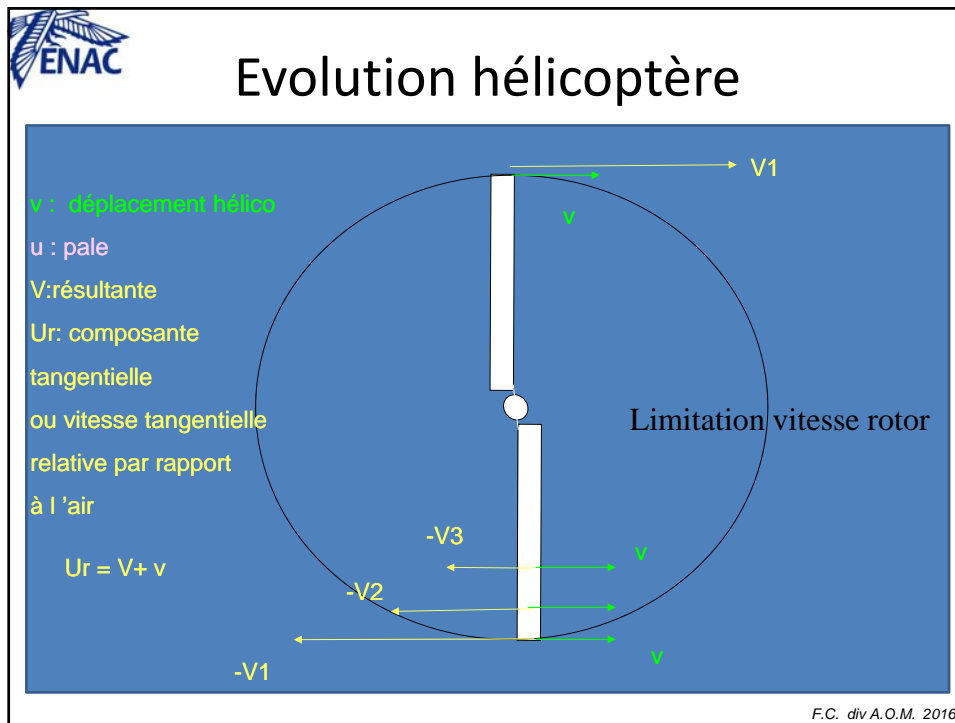
Evolution hélicoptère

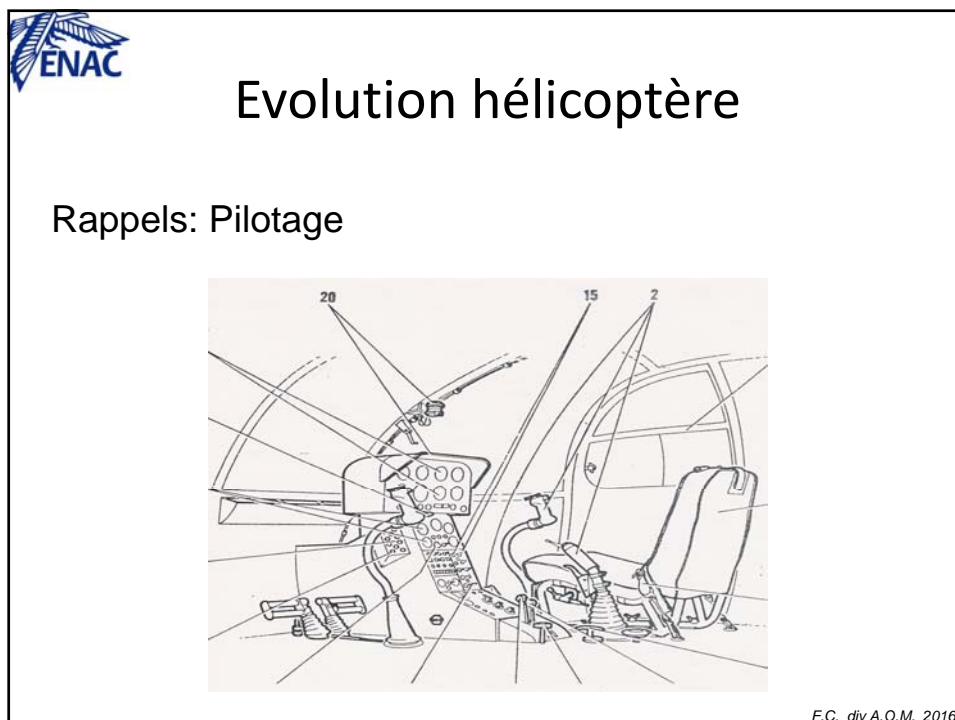
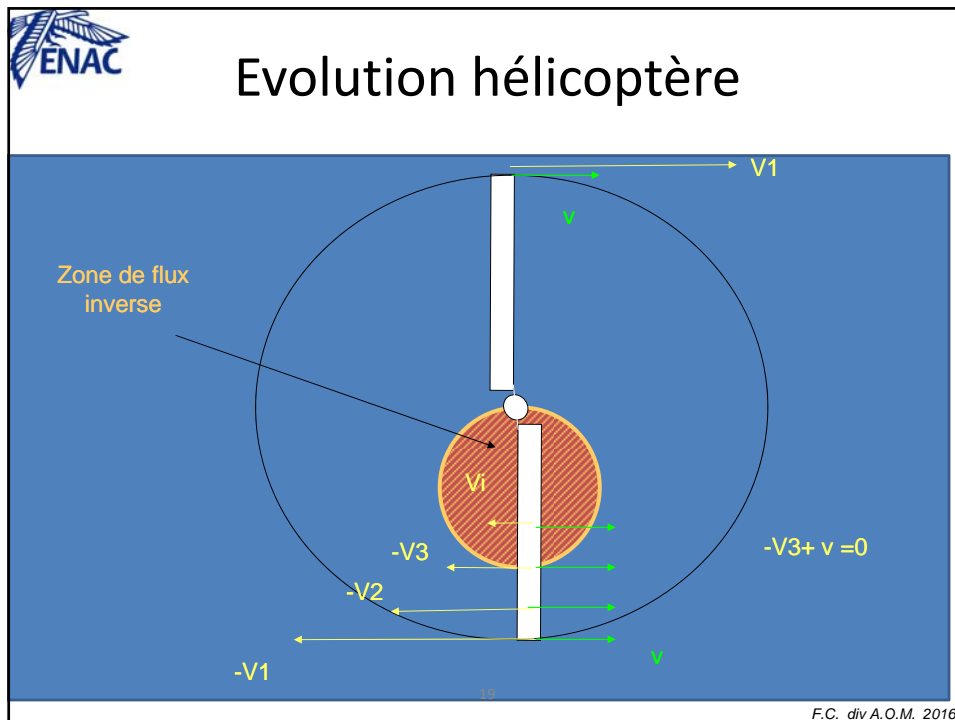


F.C. div A.O.M. 2016



F.C. div A.O.M. 2016







Evolution hélicoptère

Rappels: Pilotage

- La commande de pas cyclique
- La commande de pas collectif
- Le palonnier

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

Rappels: Pilotage

- La commande de pas cyclique:
 - permet par modification dissymétrique du pas des pales , le déplacement de l'hélicoptère suivant les axes de roulis et de tangage (dans toutes les directions) .

F.C. div A.O.M. 2016

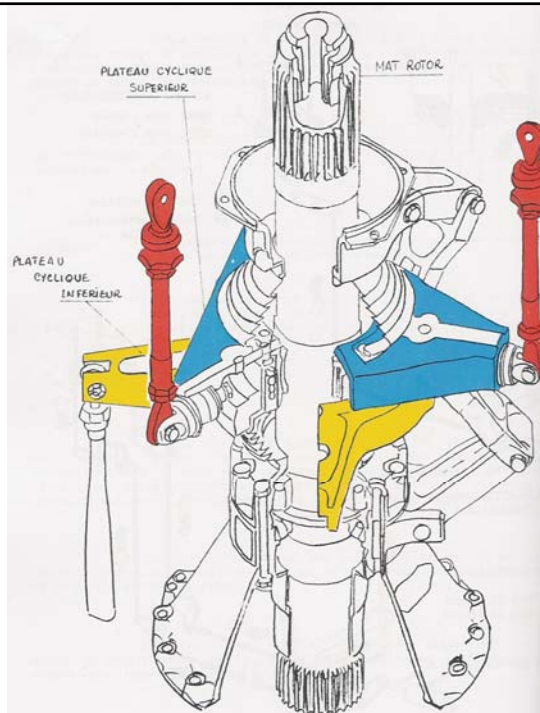


Evolution hélicoptère

Rappels: Pilotage

- La commande de pas général (appelée également commande de pas collectif):
 - permet à l'hélicoptère d'évoluer dans le plan vertical (déplacement de bas en haut ou de haut en bas) par modification symétrique du pas des pales

F.C. div A.O.M. 2016



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

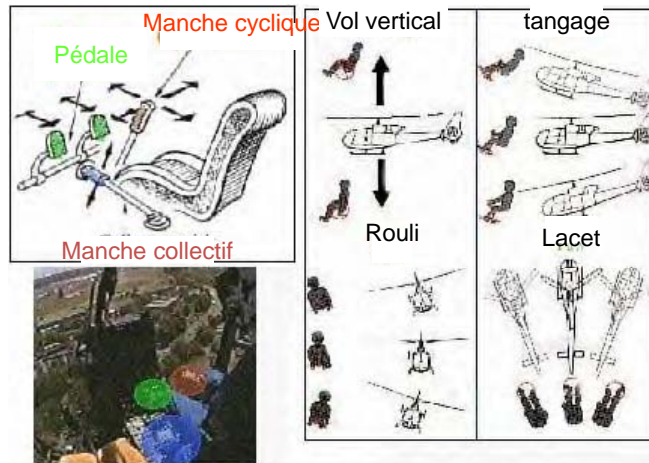
Rappels: Pilotage

- Le palonnier :
 - permet à la cellule d'évoluer suivant l'axe de lacet, par modification du pas des pales du rotor anti-couple

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

Rappels: Rotors

- Les différents rotors principaux et rotors anti-couples:
 - Rotors tandems contre-rotatifs
 - Rotors contre-rotatifs superposés
 - Rotor anti-couple type fenestron (ex: dauphin)
 - Jet d'air comprimé remplaçant le rotor anti-couple (NOTAR) (éjection modulable par les palonniers)
 - Jet d'air en bout de pales du rotor principal
 - Bi rotor côte à côte

F.C TA ops

28

F.C. div A.O.M. 2016



Rotor contre rotatifs superposés Kamov 32

F.C. div A.O.M. 2016



Mil Mi12

F.C. div A.O.M. 2016



Bi rotor côte à côte (Kaman)

F.C. div A.O.M. 2016



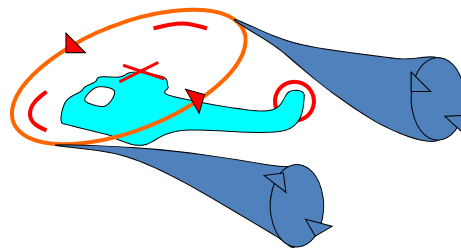
CH 47 chinook

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

Rappels: Vortex d'un hélicoptère



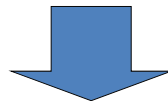
F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

Rappels: Vortex d'un hélicoptère

SA 330 Puma : masse 7400kg



Équivalent à la turbulence d'un B737-500 à 54000kg



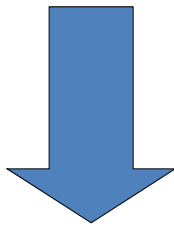
F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

Rappels: Vortex d'un hélicoptère

Masse CH-47 Chinook 21000kg



2/3 de la turbulence d'un B747



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

Rappels: Limitations

Possibilité de décrochage (état de vortex):

En descente lente, en régime motorisé, où le rotor rattrape son propre flux, les pales évoluent dans leurs propres remous, décrochent et rendent l'hélicoptère incontrôlable.

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

Rappels: Performances

- Généralement:
 - vitesses croisières: 120 à 145 kt
 - Approche: 60 à 100 kt
 - niveau de vol demandé dépasse rarement le FL90
 - distance franchissable de 400 à 1000 km

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pales passives
 - Etudes sur de nouveaux profils et formes qui ne varient pas au cours du temps
(pas de changement de forme ni de calage)

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pale BlueEdge



Copyright onera

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pale BlueEdge



- Recherche commune entre l'ONERA et le DLR (1997)
- Lancée par Eurocopter en 2001 et testée depuis 2007 sur un EC155
- Essais en soufflerie
- Pale en double flèche et vrillée à l'extrémité permettant une réduction passive de bruit du rotor principal allant jusqu'à 4 décibels en approche

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pale BlueEdge
 - Diminution de l'effet vortex: contrôle des multiples effets tourbillonnaires responsables de bruits parasites
 - Répartition de l'interaction avec le vortex issu du bout de la pale précédente (BVI)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pale BlueEdge
 - Possibilité d'installer la pale en retrofit sur des machines existantes
 - Les pales permettent un gain de portance certain.



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pale BlueEdge
 - Adoptée pour le nouvel hélicoptère H160 (Airbus Helicopters) (anciennement programme X4)
 - Rotor 5 pales BlueEdge.
 - Permet de transporter 100 kg de charge utile supplémentaire (/pales classique)
 - Bruit de 50% inférieur à la gamme Dauphin existante (3 à 4 db de moins)

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pale BlueEdge
 - H160



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pale BlueEdge
 - Fixée sur une tête de rotor sphériflex
 - Tête non articulée
 - Réalisée avec une technologie thermoplastique composite
 - Permettant :
 - » une réduction de masse
 - » une augmentation de la tolérance aux dommages

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pales actives
 - But:
 - Réduire le bruit et les vibrations tout en augmentant les performances de l'appareil

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

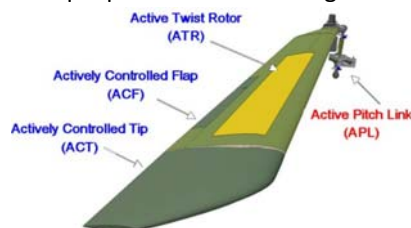
- Hélicoptères:
 - Pales actives
 - En cours de test
 - Principe:
 - Les pales changent de forme pour s'adapter au régime de vol
 - » pales pouvant se vriller
 - » pales dotées de « volets Gurney »

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pales actives
 - Pales dites modulables
 - Capable de changer de forme au cours de la rotation
 - Changer le vrillage de la pente au cours de la rotation
 - Adapter la géométrie de la pale à sa position/axe de rotation
 - Modification géométrique par actionneurs intégrés dans le rotor



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

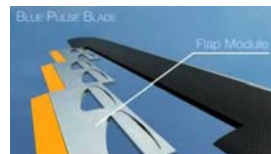
- Hélicoptères:
 - Pales actives
 - Problèmes:
 - Solutions à long terme car manque de technologie
 - Pales plus complexes et donc plus chères à entretenir
 - Problèmes de sécurité
 - Problèmes de pénalités en masse (système d'actionneurs)
 - Bilan global non favorable pour les performances

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pales actives
 - Essais avec la pale BluePulse d'Eurocopter:
 - But:
 - » réduire le bruit d'interaction pale-tourbillon
 - » réduire les vibrations en cabine
 - Pale équipée de petits actionneurs piézo-électrique
 - 3 ailerons montent et descendent 15 à 40 fois/min
 - Reste à l'état de prototype

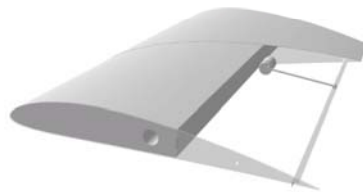


F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pales actives
 - Projets de recherche AgustaWestland:
 - Active Gurney Flap
 - Rotorcraft Technology Validation Programme (RTVP)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pales actives
 - Projets de recherche AgustaWestland:
 - Active Gurney Flap (Clean Sky)
 - » But: améliorer les performances du rotor sur les bords de l'enveloppe de vol
 - » Gurney Flap: petits volets se déployant perpendiculairement à l'extrémité du bord de fuite de la pale
 - » Avantage: s'adaptent en permanence à la configuration de la pale

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pales actives
 - Projets de recherche AgustaWestland:
 - Rotorcraft Technology Validation Programme (RTVP)
 - » Financé par le Royaume-Uni
 - » Les dispositifs anti vibration actuels consomment beaucoup d'énergie et de charge utile
 - » but du rotor actif de RTVP: fournir une meilleure réduction des vibrations tout en réduisant la consommation

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pales actives
 - Défis communs aux projets AgustaWestland:
 - Intégration des composants électroniques et électromécaniques dans les pales de rotor
 - Environnement difficile pour les composants ,avec de grandes forces d'accélération.

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pales actives
 - Brevet ONERA
 - Vrillage Actif (Activ Twist)
 - Utilisation de matériaux piézo-électriques modifiant la structure de la pale en profondeur lui permettant de se vriller (sur son axe longitudinal)

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Pales actives
 - Brevet ONERA
 - Problème: les matériaux utilisés permettent de faire des pentes à plus ou moins 1 degré
 - » suffisant pour le contrôle des vibrations
 - » insuffisant pour le bruit et les performances de l'appareil (au moins 3° nécessaires)

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Solution intermédiaire :pales adaptatives
 - Principe: faire varier le vrillage en fonction des conditions de vol et non au cours de la rotation du rotor

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Matériaux composites (cellule)
 - H160 (cellule entièrement réalisé en Matériaux composites)
 - Masse réduite
 - Durée de vie illimitée
 - Résistance à la corrosion et à la fatigue supérieure à celle d'une cellule en alliage
 - Maintenance moindre

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Hélicoptères:
 - Electrique:
 - Trains d'atterrissage et freinage H160 électriques par
 - Zodiac aerospace (train)
 - Messier Bugatti Dowty (freinage)

F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- X3 (Eurocopter)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- X3
 - Constructeur Eurocopter (2010)
 - Premier vol: 6 septembre 2010
 - Construction :
 - Cellule modèle dauphin AS365, rotor principal modèle EC155, moteur modèle NH90 (RTM322 (RR/turbomeca)), boîte de transmission principale EC175
 - Performances:
 - Vitesse maximale: (255 kt) 472 km/h
 - Plafond :12500 ft (3810 m)
 - Vitesse de montée:50°, 5000ft/min



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- X3
 - Diamètre des hélices propulsives (5 pales): 2.5 m
 - Pas de rotor anti-couple nécessaire



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- X2 (Sikorsky)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- X2
 - Constructeur Sikorsky
 - Premier vol: 27 août 2008
 - Construction :
 - 2 rotors contrarotatifs et 1 hélice propulsive
 - 1 moteur modèle LHTEC T800-LHT-801
 - Puissance: 1300–1800 ch (1000–1340 kW)
 - Performances:
 - Vitesse maximale: (259 kt) 481 km/h
 - Distance franchissable: 1300 km



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- X2
 - Diamètre des pales 8 m
 - Train rétractable
 - Commandes électriques
 - Retiré et suivi par le S-97 Raider (militaire)

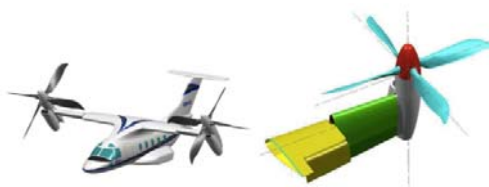


F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Tilt rotor:
 - Conception d'un démonstrateur (échelle 1/5) par le NLR (centre de recherche néerlandais): Nicetrip
 - Nicetrip (Novel innovative competitive effective tilt rotor integrated project)
 - Nacelle de moteur et section d'aile basculent indépendamment du corps de l'avion



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Futurs projets
 - Avions ADAV (lotus)(avion à décollage vertical)



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Futurs projets
 - Avions ADAV (avion à décollage vertical)
 - Concept de Joby Aviation (société américaine)
 - Concept de rotor repliable
 - Pales servant de saumons d'aile
 - But: aéronef plus silencieux, plus sûr et efficaces
 - Aidé par les progrès dans les domaines:
 - » Moteurs électriques
 - » Batteries
 - » Systèmes de commande



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Futurs projets
 - Avions ADAV (avion à décollage vertical)
 - Concept de Joby Aviation (société américaine)
 - Vol horizontal:
 - » Panneaux de voilure verrouillés
 - » Hélice propulsive prend le relais
 - » Deux pales pivotantes transformées en saumon d'aile disposés en tandem en vol horizontal
 - » Hélice tractive au sommet de l'empennage



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Futurs projets
 - Avions ADAV (avion à décollage vertical)
 - Concept de Joby Aviation (société américaine)
 - Vol vertical:
 - » Contrôle en roulis dispensé par un contrôle différentiel du nombre de tours/min des deux moteurs sur les saumons d'aile.
 - » Hélice au sommet de l'empennage fournit un contrôle en tangage en vol vertical par contrôle différentiel du nombre de tours/min



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Futurs projets
 - Avions ADAV (avion à décollage vertical)
 - Concept de Joby Aviation (société américaine)
 - Vol vertical:
 - » 3 moteurs électriques
 - » Vitesse en bout de pale: 106.6 m/s



F.C. div A.O.M. 2016



Evolution hélicoptère

- Futurs projets
 - Avions ADAV (avion à décollage vertical)
 - Concept de Joby Aviation (société américaine)
 - Dans un premier temps drone
 - Dans un second avion de deux passagers (masse 748 kg)
 - » 200kt
 - » Masse totale batteries 225kg
 - » Autonomie



F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

(Partie 7)

1

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- ADC (approche à descente continue)
- Programme NextGen
- Programme Ciel unique européen

2

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- ADC (approche à descente continue)

- Définition OACI:

Technique de vol selon laquelle un aéronef à l'arrivée descend de façon continue, en utilisant la poussée moteur minimale préférablement dans une configuration à traînée réduite, en amont du FAF/FAP

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- ADC (approche à descente continue)

- Définition retenue DGAC :

Pratique consistant à faire une arrivée à descente constante, l'avion évoluant sans faire de palier depuis un niveau de vol élevé supérieur à 3000 mètres généralement ,jusqu'à la piste.

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- ADC (approche à descente continue)

– But:

-minimiser :

- le bruit
- les émissions polluantes des moteurs
- la consommation de carburant

Exemples: études réalisées à Marseille et Strasbourg sur des ADC débutant à l'IAF

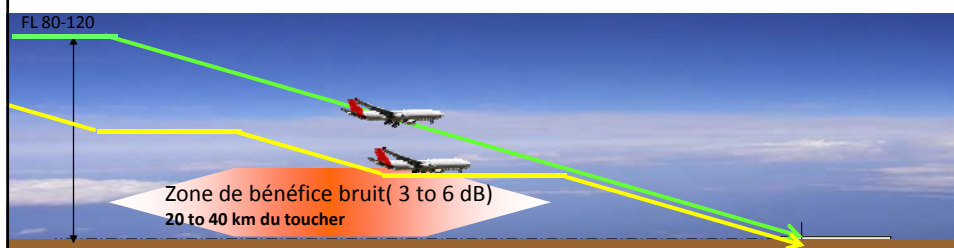
	Type avion	Réduction consommation		Réduction émissions CO ₂	
LFML	B737-800	53 kg	25%	166 kg	25%
IAF Venta	A320	72 kg	39%	229 kg	39%
LFST	E145	26 kg	22%	82 kg	22%
IAF Sorem	A320	93 kg	43%	293 kg	43%
LFST	E145	30 kg	25%	96 kg	25%
IAF Berug	A320	103 kg	47%	326 kg	47%

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- ADC (approche à descente continue)



- Réduction du bruit essentiellement à plus de 20 km
- Économie de carburant

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- ADC (approche à descente continue)
 - Terrains pourvus:
 - Orly, Marseille, Amsterdam-Schiphol (Pays bas)... sont équipés de trajectoires CDA
 - Procédures testées à Toulouse depuis septembre 2009 (cadre SESAR)

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

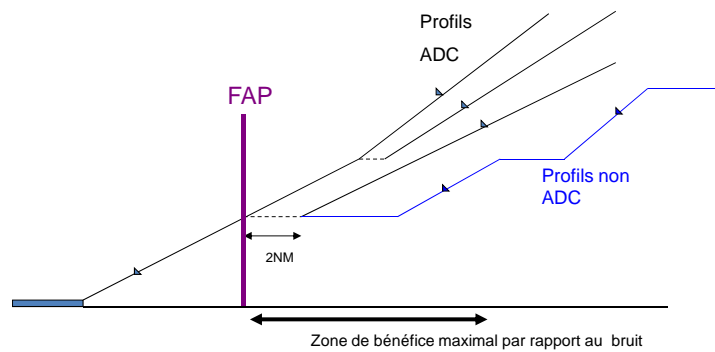
- ADC (approche à descente continue)
 - Description de la trajectoire:
 - La CDA commence en général à l'IAF (idéalement en amont au TOD (top of descent) et se termine au plus tard au FAF/FAP; un palier de 1.5Nm ou 2 Nm est nécessaire suivant la catégorie d'aéronefs.

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

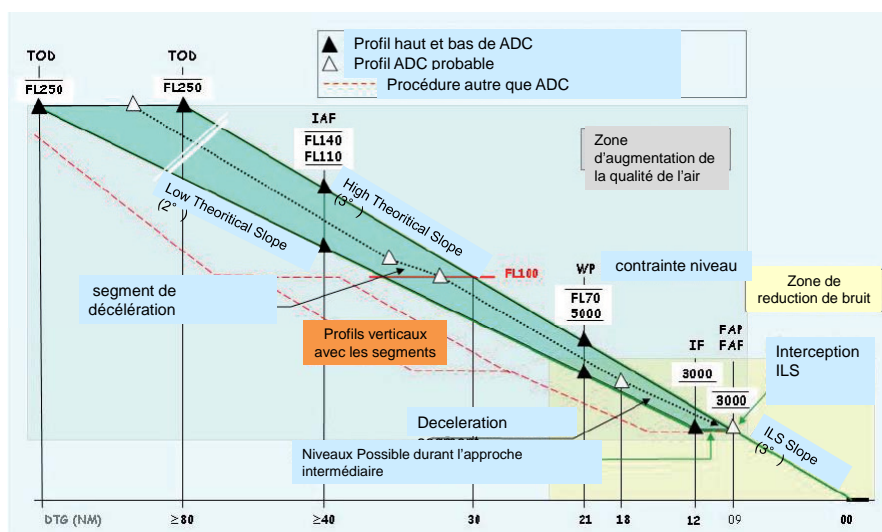
- ADC (approche à descente continue)
- Description de la trajectoire:



F.C. div A.O.M. 2016



Programmes



F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- ADC (approche à descente continue)
 - Pratique:
 - Le contrôleur peut autoriser et annuler une ADC
 - L' ADC peut uniquement se faire sous faible trafic
 - Les procédures RNAV permettent facilement l'établissement d'une telle procédure
 - Il ne peut pas y avoir de contrainte de niveau lorsque l'ADC est lancée
 - La distance avion-piste doit être connue tout au long de la procédure

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- Programme américain NextGen
 - Introduction de dispositifs en vus d'expérimentation opérationnelle par la FAA
 - PDRC: precision departure release capability
 - TBFM: time based flow management

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- Programme américain NextGen
 - Introduction de dispositifs en vus d'expérimentation opérationnelle par la FAA
 - PDRC: precision departure release capability:
 - Principe: outil de logiciel destiné à améliorer la précision de la gestion du trafic aérien (ATM) depuis le départ de l'avion du parking jusqu'à son insertion dans le trafic.
 - Fonction: déterminer le moment optimal pour le départ de l'avion et la piste adéquate.

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- Programme américain NextGen
 - Introduction de dispositifs en vus d'expérimentation opérationnelle par la FAA (début 2013)
 - PDRC: precision departure release capability:
 - But: réduire le nombre d'opportunités ratés pour insérer les avions dans un trafic dense; réduire les temps d'attente (sol et circuits)
 - Intègre divers critères (flux des avions prévus au décollage , trafic environnant, conditions MTO...)
 - Fournit la trajectoire de montée et le point d'insertion dans le trafic

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- Programme américain NextGen
 - Introduction de dispositifs en vus d'expérimentation opérationnelle par la FAA
 - TBFM: time based flow management:
 - Développé par Lockheed Martin pour les centres de contrôle en route
 - Principe: faire passer un avion à un point précis à un moment défini de manière à réduire les intervalles entre chaque appareil dans un fort flux de trafic.

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- Ciel unique européen (programme SESAR (Single European Sky ATM Research))
 - But:
 - Réduire les pics d'engorgement
 - Lors de journées les plus chargées plus de 33000 vols sur 10.8 millions de km²
 - Croissance annuelle d'environ 5%, en 2020 le volume atteindrait 50000 soit 1 décollage toute les 2 secondes

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- Ciel unique européen (programme SESAR (Single European Sky ATM Research))
 - Soutenu par la commission européenne
 - Mobilise:
 - les compagnies aériennes
 - Les avionneurs
 - Les exploitants aéroportuaires
 - Les prestataires de services de la navigation aérienne (ANSP)

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- Ciel unique européen (programme SESAR (Single European Sky ATM Research))
 - Doit conjuguer revalorisation technologique et refonte des modes opératoires.
 - But:
 - tripler la capacité de gestion du trafic aérien
 - Décupler les niveaux de sécurité (*10)
 - Diminuer de moitié les coûts des usagers de l'espace aérien
 - Réduire de 10% l'incidence environnementale de chaque vol

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- Ciel unique européen (programme SESAR (Single European Sky ATM Research))
 - Doit conjuguer revalorisation technologique et refonte des modes opératoires.
 - Exemple: recherches sur des systèmes automatisés de calcul des minimas de séparation entre avions par les contrôleurs aériens.

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- Ciel unique européen (programme SESAR (Single European Sky ATM Research))
 - Doit conjuguer revalorisation technologique et refonte des modes opératoires.
 - évolution de la gestion de l'espace vers la gestion des trajectoires 4D : gain en flexibilité et en efficacité en suivant une route déterminée sans référence au réseau de routes aériennes (**Free routing**) .Vision commune de tous les acteurs actualisée des trajectoires grâce au partage des informations sur les trajectoires prévues dans l'espace et le temps.

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- Ciel unique européen (programme SESAR (Single European Sky ATM Research))
 - Doit conjuguer revalorisation technologique et refonte des modes opératoires.
- gestion collaborative du réseau et ajustement dynamique demande-capacité : suivi de l'évolution du trafic et de la demande d'espace aérien, identification des déséquilibres de capacité/trafic, développement des scénarios de régulations impliquant tous les acteurs en cas de manque de capacité.

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- Ciel unique européen (programme SESAR (Single European Sky ATM Research))
 - Doit conjuguer revalorisation technologique et refonte des modes opératoires.
- synchronisation du trafic : amélioration de la gestion des vols au départ comme à l'arrivée afin d'optimiser les séquences de trafic et les profils de montée et de descente, et par conséquence, limitation des interventions tactiques du contrôleur.

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- Ciel unique européen (programme SESAR (Single European Sky ATM Research))
 - But:
 - Défragmenter l'espace aérien européen
 - Actuellement l'Europe compte 37 ANSP et environ 60 centres de contrôle du trafic aérien.
 - Création de FAB (functional Airspace Blocks)
 - 2 sur 9 sont en place

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- Ciel unique européen (programme SESAR (Single European Sky ATM Research))
 - FABEC (Functional Airspace Block Europe Central)
 - But: réduire la longueur des routes aériennes
 - En moyenne en Europe les avions parcourent par trajet 50 km de trop (12 millions de tonnes d'émission de CO2)
 - En 2010, cette distance a engendré au total 19.4 millions de minutes de retard pour les vols en route (soit 13472 jours, environ 37 ans)
 - Le surcoût est de 5 millions d'euros par an pour les compagnies aériennes, coût répercuté sur le prix du billet.

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- Ciel unique européen (programme SESAR (Single European Sky ATM Research))
 - FABEC
 - Expérimentation:
 - Vol en A320 (février 2012) équipé de technologie de trajectoire 4D (Initial 4D (I4D)):
 - » Points de passages géographiques associés à des objectifs de temps de passage
 - » Données transmises en temps réel à des systèmes au sol afin d'optimiser la coordination du trafic et permettre des trajectoires plus précises
 - » But :séquencer au mieux les flux de trafic

F.C. div A.O.M. 2016



Programmes

- Ciel unique européen (programme SESAR (Single European Sky ATM Research))
 - Phase de développement (2009-2016)
 - Phase de déploiement (2016-2025)

F.C. div A.O.M. 2016