



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

# ONERA



THE FRENCH AEROSPACE LAB

[www.onera.fr](http://www.onera.fr)

# Electif Intégration Avion - Structure

## Histoire de l'aéronautique

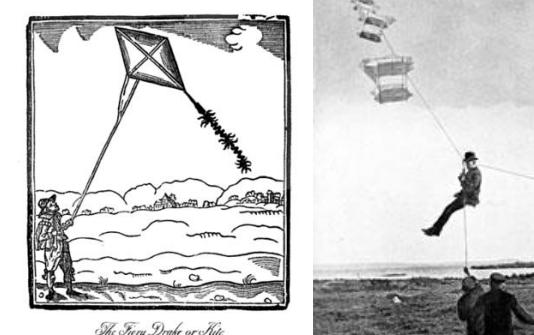
# Histoire de l'aéronautique | Plan

---

- Les 1<sup>er</sup> rêves de s'envoler (- beaucoup ~ fin XIX<sup>ème</sup>)
- La solution facile : les plus légers que l'air
- Les pionniers des aérodynes (fin XIX<sup>ème</sup> ~1914)
- La 1<sup>ère</sup> guerre mondiale
- L'entre-guerre
- La seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle

# Histoire de l'aéronautique | 1<sup>er</sup> rêves

- Mythologie Grecque
  - Dédaïle, 1<sup>er</sup> ingénieur aéronautique?
  - Construit des ailes pour son fils Icare
- Cerf-volant (Chine, Vème avt jc)
  - 1<sup>er</sup> aéronef construit par l'homme
  - Utilisation civile (c'est beau) et militaire (torture en transportant un prisonnier)



# Histoire de l'aéronautique | 1<sup>er</sup> rêves

---

- Utilisation d'un « moteur » (les mains)
  - Chine, 400 BC
  - bamboo dragonfly
  - Initie une rotation
- Lanternes (toujours la Chine)
  - L'air chaud monte



# Histoire de l'aéronautique | 1<sup>er</sup> rêves

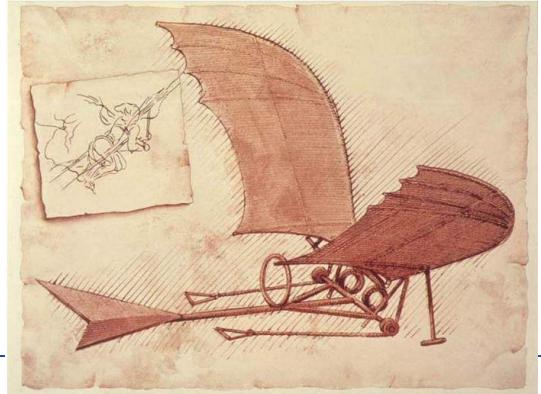
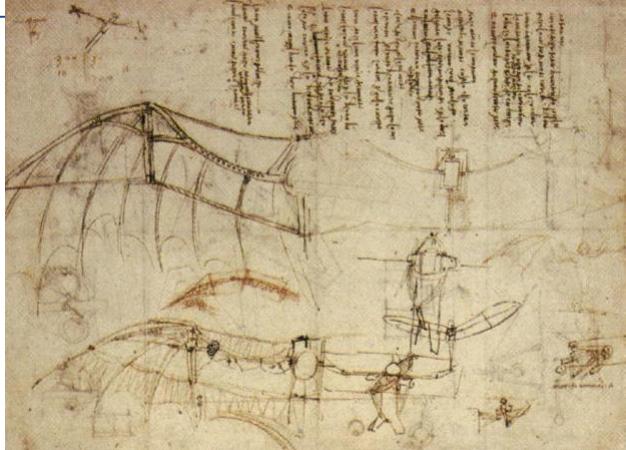
- Eilmer de Malmesbury
  - Moine anglais
  - 1010 : saute de 46m et parcourt 200m  
→ s'écrase
  - Leçon qu'il en tire « il manque une queue »
- Ornithoptère :
  - La sustentation de l'aéronef est assurée par des battements d'aile



# Histoire de l'aéronautique | 1<sup>er</sup> rêves

- Léonard de Vinci

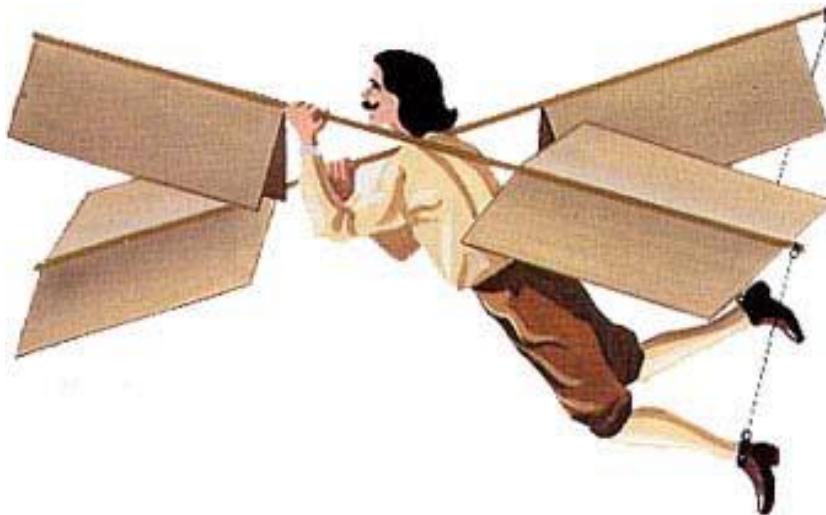
- Etudie le battements des ailes des oiseaux et chauves-souris
  - Conclusion : l'Homme n'a pas les muscles adaptés!
- Il faut rajouter des machines autour



Electr Avion – Structure - Histoire

# Histoire de l'aéronautique | 1<sup>er</sup> rêves

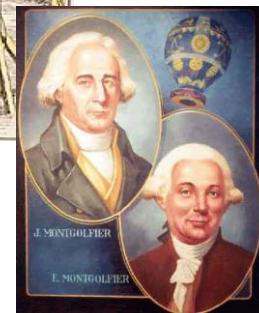
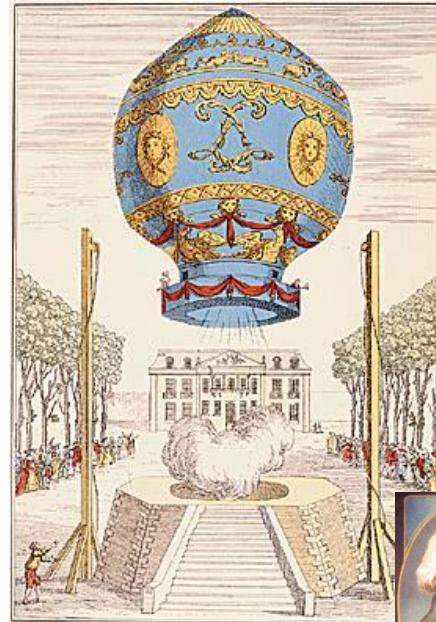
Bref, pour l'instant (XVII<sup>ème</sup>, XVIII<sup>ème</sup> siècle)  
voler ne reste qu'un **rêve**



*Besnier (1678)*

# Histoire de l'aéronautique | Aérostat

- Mais, le *19 septembre 1783*, à Versailles devant le roi Louis XVI
  - Vol du 1<sup>er</sup> ballon à air chaud par les **frères Montgolfier** (fabricants de papier)
  - A son bord un mouton, un canard et un coq



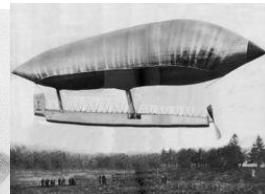
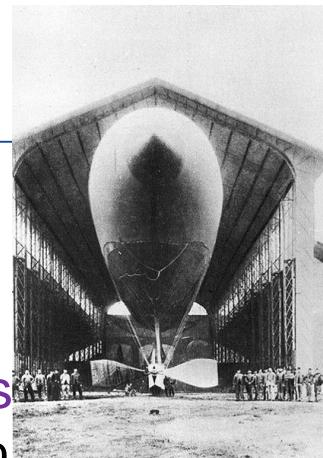
# Histoire de l'aéronautique | Aérostat

- Puis beaucoup d'évolutions sur les ballons à gaz :
  - 1<sup>er</sup> décembre 1783, 1<sup>er</sup> ballon gonflé à l'hydrogène (plus léger que l'air) par Jacques Charles : 2h, 35km, 3000m d'altitude!
  - 7 décembre 1785 : 1<sup>ère</sup> traversée de la Manche
- Utilisation à des fins militaires (pour de l'observation)
- Mais il manque le contrôle du ballon!



# Histoire de l'aéronautique | Aérostat

- Ballons dirigeables
  - 1783 : 1ères idées d'ajouter des hélices
  - 1884 : 1<sup>er</sup> vol officiel d'un dirigeable par **Charles Renard** avec son ballon « La France » (avec un moteur électrique)
- Le champion du dirigeable est quand même **Alberto Santos-Dumont**
  - 1901 : vol contrôlé en contournant la tour Eiffel



Electif Avion - Structure - Histoire

# Histoire de l'aéronautique | Aérostat

- Puis fabrication par le **Baron Von Zeppelin** de grands dirigeables souvent à l'hélium
  - Graf-Zeppelin : 236m de long!
- Ouverture de lignes commerciales Berlin/New-York (5j)
- Puis célèbre incendie du Hindenburg (**6 mai 1937**)
  - Images choquantes et mauvaise opinion de l'hydrogène → Coup d'arrêt pour les dirigeables



Photo credit: USC, California Historical Society



# Histoire de l'aéronautique | Les pionniers

Mechanics' Magazine,  
MUSEUM, REGISTER, JOURNAL, AND GAZETTE.  
No. 1520.] SATURDAY, SEPTEMBER 25, 1852. [Price 3d., Stamped 4d.  
Edited by J. C. Robertson, 166, Fleet-street.

SIR GEORGE CAYLEY'S GOVERNABLE PARACHUTES.

Fig. 2.

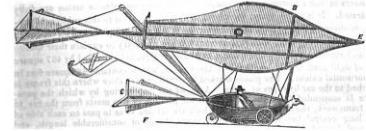
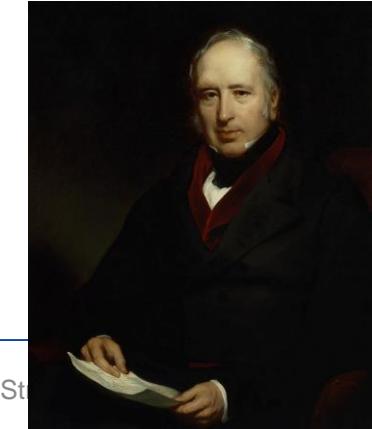
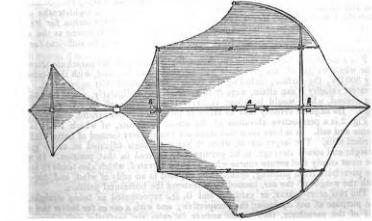


Fig. 1.



Et pendant ce temps, chez les plus lourds que l'air :

- **Sir George Cayley** (1773-1857) : considéré comme le vrai « père de l'aviation »
- Abandonne l'aile battante mais la fixe, munie d'une hélice et d'un moteur
- Identifie les **quatre forces** agissant sur un avion(pousée, traînée, portance, poids)
- Réalise un planeur, fait monter son cocher dedans et...il piqua du nez (le planeur)

→ On y est presque!

# Histoire de l'aéronautique | Les pionniers

- Qui va être le 1<sup>er</sup> à voler ? Les 4 candidats :
  - Otto Lilienthal l'Allemand « roi des airs »?
  - Clément Ader, ingénieur français?
  - Frères Wright (fabricants de bicyclette)?



# Histoire de l'aéronautique | Les pionniers

- Qui va être le 1<sup>er</sup> à voler ? Les 4 candidats :

- **Otto Lilienthal** le « roi des airs » :

→ médaille du mérite : 2000 vols planés de 1891 et 1896

– Beaucoup de recherches sur la forme de l'aile pour comprendre la portance. Ouvrage : « *Le vol de l'oiseau comme fondement de l'art du vol* »

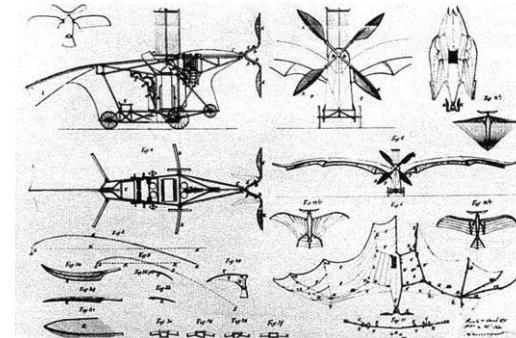
- Se tue lors d'un crash en 1896



# Histoire de l'aéronautique | Les pionniers

- Qui va être le 1<sup>er</sup> à voler ? Les 4 candidats :

- Clément Ader : le poulidor
- S'inspire de la chauve-souris
- Crée l'aéroplane baptisé « Eole »:
- 9 octobre 1890 : bond de 50m, mais vraiment un vol?



- Il crée aussi le mot avion!

Acronyme : A.V.I.O.N (Appareil Volant

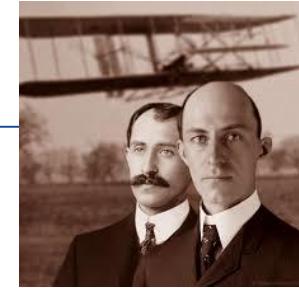
Imitant un Oiseau Naturel) (*avis* = oiseau)



Electif Avion – Structure - Histoire

# Histoire de l'aéronautique | Les pionniers

- **Orwille et Wilbur Wright** : vainqueurs ignorés
  - 2 Etats-Uniens discrets
  - Ils s'inspirent des hélices des bateaux
- **17 décembre 1903** : ils réalisent 4 vols contrôlés (jusqu'à 260m) à bord du « Flyer »
- Mais la presse n'était pas là, et scepticisme du public après le cas de Langley.
  - En Europe, on les traite de menteurs!
- Bon ben ils viennent en Europe alors :
  - 8 août 1908, au Mans, BIM! 1 minutes 45s de vol bien contrôlé : **l'aviation est lancée!**



# Histoire de l'aéronautique | La ferveur d'avant-guerre

- Beaucoup de **démonstrations** sont faites
- Des mécènes promettent des primes à différents challenges (genre 1 boucle de 1km).
- De nouvelles **idées** émergent
  - Le manche à balai



*Invention du manche à balai (Robert Esnault-Pelterie)*

# Histoire de l'aéronautique | La ferveur d'avant-guerre

- **25 juillet 1909**, au lever du soleil, **Louis Blériot** traverse la Manche en 37 minutes à bord du *Bleriot XI*
- Son rival, Latham, pensant qu'il allait pleuvoir, dormait tranquillement

→ Prix du Daily Mail

→ 100 commandes de son avion

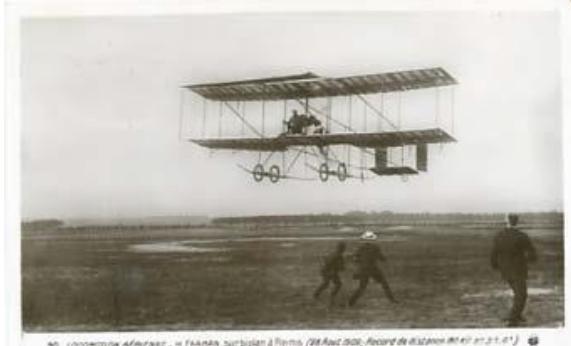
→ Ses monoplans seront les 1<sup>er</sup> à être

fabriqués industriellement.



# Histoire de l'aéronautique | La ferveur d'avant-guerre

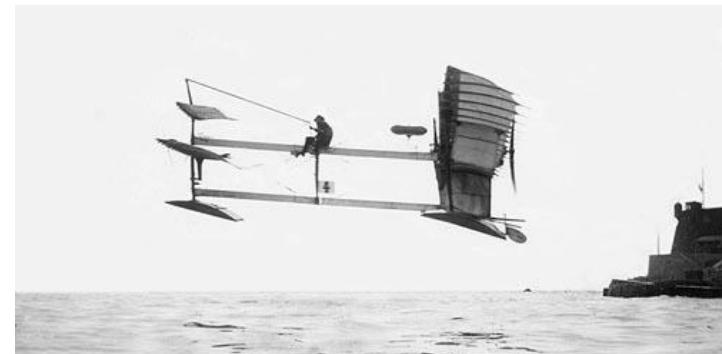
- Les formes définitives se cherchent encore
  - Monoplan? Biplan?



# Histoire de l'aéronautique | La ferveur d'avant-guerre

- 1910 :
  - Naissance de l'aéronavale
  - 1<sup>er</sup> hydravion (Henri Fabre)

A cette époque, la France est à la pointe de l'aéronautique.



# Histoire de l'aéronautique | La ferveur d'avant-guerre

- 1911 - 1913
  - L'aviation entre dans la vie courante, de nombreuses courses aériennes
  - 1<sup>ère</sup> poste aérienne aux Indes
  - Début de l'utilisation du métal

- Perfectionnement des instruments :

- Dispositifs hypersustentateurs
  - Pilote automatique

- Voltige aérienne

- 13 septembre 1913 : traversée de la Méditerranée par **Roland Garros**

→ **On s'amuse bien avec les avions que l'on voit comme des instruments de recherche scientifique**



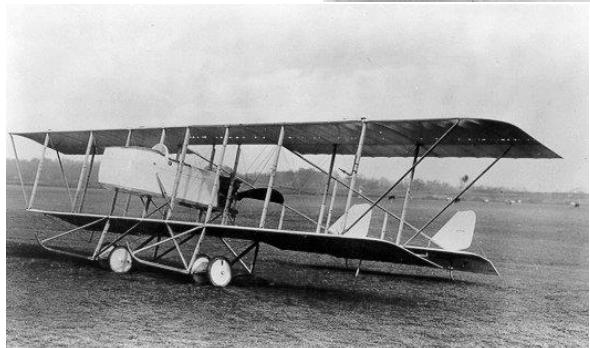
# Histoire de l'aéronautique | La ferveur d'avant-guerre

---

<u>Les records :</u>	Altitude	Distance	Vitesse	Durée de vol
1906	6 m	200 m	41 km/h	21 secondes
1913	6.120 m	1.021 km	203 km/h	24 heures

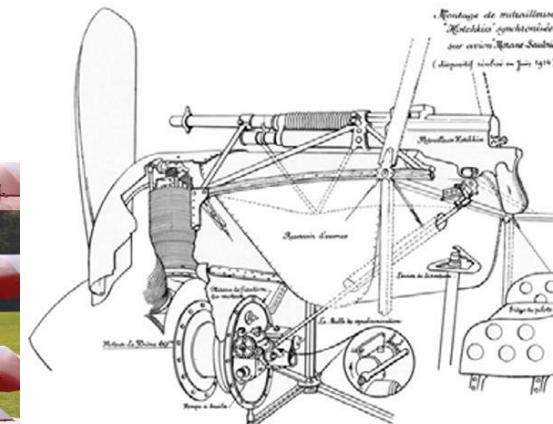
# Histoire de l'aéronautique | La 1<sup>ère</sup> guerre mondiale

- Les avions vont se **spécialiser** :
  - Pour la chasse : Morane, Fokker
  - Pour la reconnaissance : Farman
  - Pour le bombardement : Breguet 14



# Histoire de l'aéronautique | La 1<sup>ère</sup> guerre mondiale

- 1<sup>er</sup> combats aériens :
    - Les pilotes se tirent dessus avec des pistolets!
  - Problème de l'hélice : tirer au dessus?
  - Système pour tirer entre 2 pâles!
    - Fokker DR 1 : l'avion de l'as du *Baron Rouge*



Electif Avion – Structure - Histoire

# Histoire de l'aéronautique | Entre deux guerres

---

- Au cours de la guerre d'énormes progrès techniques sont réalisés:
  - Amélioration de la finesse avec la généralisation du **mono-plan** et du **train rentrant**
  - Utilisation du **Duralium**
  - Instrumentation de bord
  - Pressurisation de cabines
  - Portes-avions...

# Histoire de l'aéronautique | Entre deux guerres

- L'exploration de la planète
  - Prix de 25000\$ pour traverser l'Atlantique Nord sans escale  
→ **21 mai 1927**, **Charles Lindberg** (le « *Fou Volant* ») le réalise en 33h
  - Tour du monde en...39 étapes (1927)
  - 1930 : traversée de l'Atlantique Sud par Mermoz!



# Histoire de l'aéronautique | Entre deux guerres

- 1927 : création de la compagnie l'Aéropostale par **Pierre Latécoère** pour le transport de courrier
  - Ligne Toulouse – Dakkar – Santiago du Chili
  - Des pilotes emblématiques font partie de cette aventure : **Jean Mermoz** , **Antoine de Saint-Exupéry**, **Louis Breguet**



# Histoire de l'aéronautique | Entre deux guerres

- A partir de 1930, toutes les grandes explorations sont terminées.
- L'aviation perd de son caractère aventureux et héroïque pour devenir une routine
- Mise en place de l'aviation commerciale.
  - Lignes Paris – Etats-Unis
  - Douglas DC-2
  - Boeing 307 Stratoliner : 1<sup>er</sup> avion commercial pressurisé



# Histoire de l'aéronautique | 2<sup>nd</sup> guerre mondiale

- Beaucoup de forces en présence :
  - France 1500 appareils (Curtis,...)
  - Royal Air Force (RAF) : 1750 appareils (Spitfire, Hurricane...)
  - Allemagne : 8000 avions
  - USA : Curtiss, Mustang
- 1ers avions à réaction
  - Heinkel He 178



# Histoire de l'aéronautique | De 1945 à aujourd'hui

---

- L'hélice n'est plus le seul moyen de propulsion. Utilisation de la **turbine**.
- **Définition** : moteur dans lequel une roue mobile est entraînée par l'énergie que dégage la combustion d'un carburant en présence d'air comprimé
- Beaucoup d'amélioration dans l'instrumentation (aides au pilotage..)

# Histoire de l'aéronautique | De 1945 à aujourd'hui

- Après la guerre, les gens veulent voyager!
  - Développement du transport aérien (Boeing, Airbus)
- Des phénomènes encore méconnus de structure sont malheureusement découverts au prix de crash (1954, Comet de Havilland)

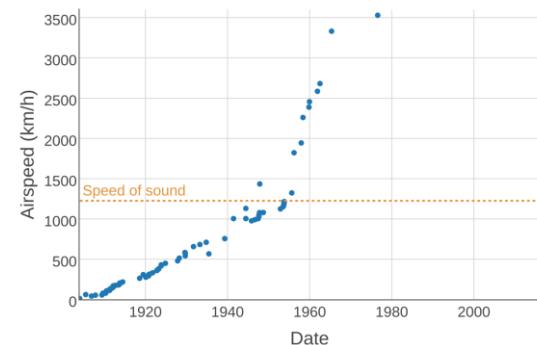


# Histoire de l'aéronautique | De 1945 à aujourd'hui

- Course à la vitesse :
  - **14 octobre 1947** : **Charles Yeager** passe le mur du son à bord du Bell X-1
- En aviation civile, seulement 2 avions supersoniques : Concorde et Tupolev
  - Les 2 se sont mal terminés (20 juillet 2000 et 3 juin 1973)



Flight airspeed records over time



# Histoire de l'aéronautique | De 1945 à aujourd'hui



## Les modèles d'avions les plus répandus

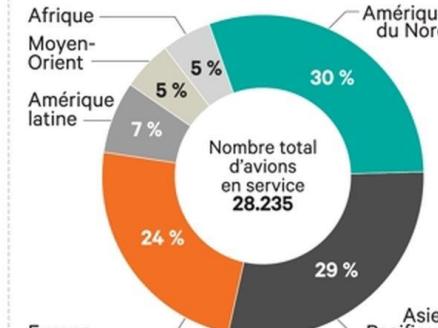
En nombre d'avions

Airbus A320	6.965
Boeing 737	6.864
Boeing 777	1.387
Airbus A330	1.214
Boeing 767	744
Boeing 757	689
Boeing 787	554
MD 80	358



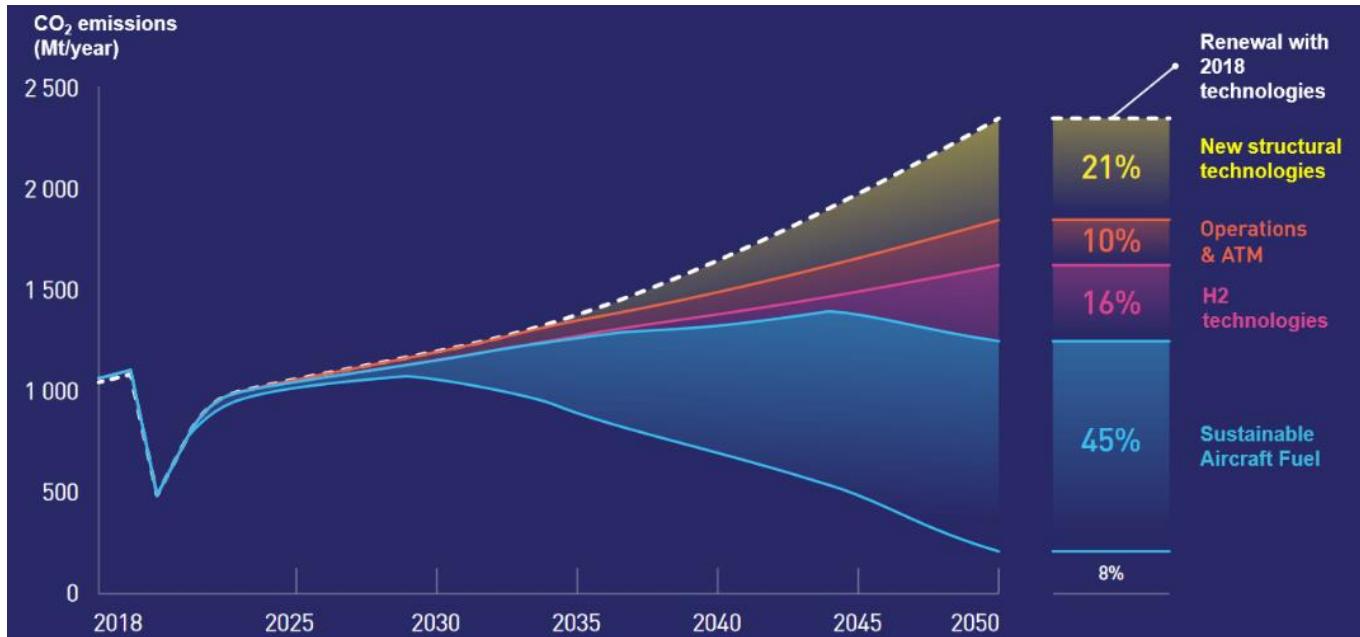
## Répartition géographique

En % au 10 juillet 2017



# Histoire de l'aéronautique | Le futur

- La décarbonation oui mais comment?



## Evolution des structures

- Timide : **aile haubanée** (permet des ailes de plus grand allongement)
- Ambitieuse : aile volante, moteurs semi-enterrés
- What?! Ailes jointives, double fuselage



## Le miracle de l'hydrogène?

- Une pile à combustible fonctionnant à l'hydrogène ne rejette que de l'eau
- Par rapport au kérosène, pour délivrer une même quantité d'énergie, 3 fois moins de masse mais 4 fois plus de volume

Carburant	Energie massique MJ/kg	Indice performance %
LH2	119,93	100,0
CGH2 (1)	119,93	100,0
Méthane (2)	55,60	46,4
LNG (3)	53,60	44,7
Diésel	45,60	38,0
Kérosène	43,00	35,9
Méthanol	19,70	16,4

Carburant	Energie volumique MJ/m <sup>3</sup>	Indice performance %
Diésel	38 600	100,0
Kérosène	35 000	90,7
LNG (3)	22 200	57,5
Méthanol	15 600	40,4
Méthane (2)	9 000	23,3
LH2	8 491	22,0
CGH2 (1)	4 500	11,7

## Le miracle de l'hydrogène?

- Où placer les réservoirs?
- Forme liquide?

Stockage à 12K, 1bar donc système de refroidissement et d'isolation

- Forme gazeuse?

Pression de 700 bars

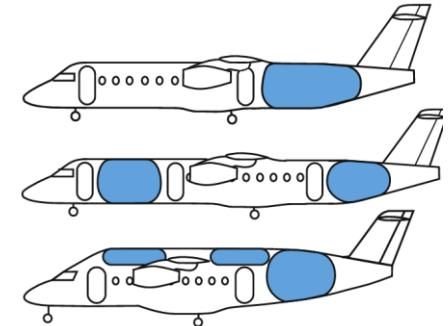
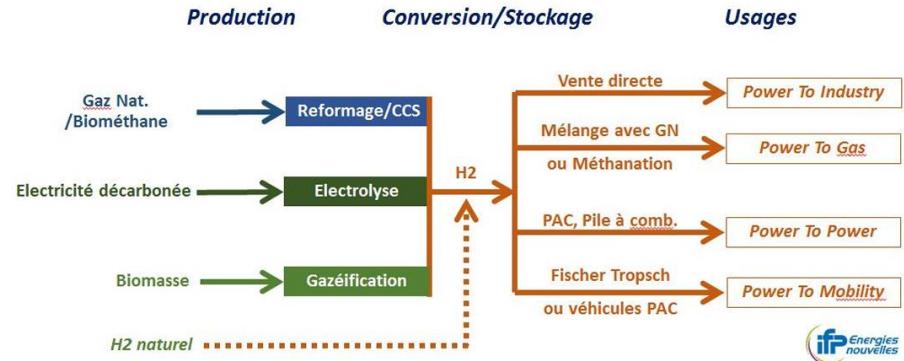


Fig. 6 – The different tank arrangements for the regional airliner.



## Le miracle de l'hydrogène?

- Production de l'hydrogène?
- Agencement des aéroports



# Histoire de l'aéronautique | Le futur

## Quel usage de l'avion?

- Taxi urbain



- Loisirs et croisière



- Retour du supersonique?

