



**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

- 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
  - Dédale, 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)



*The Flying Dutchman or His*



# 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



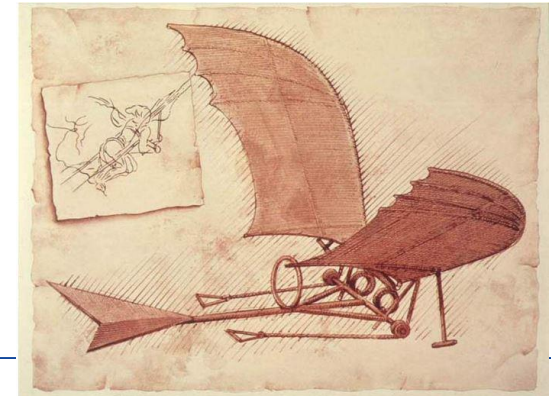
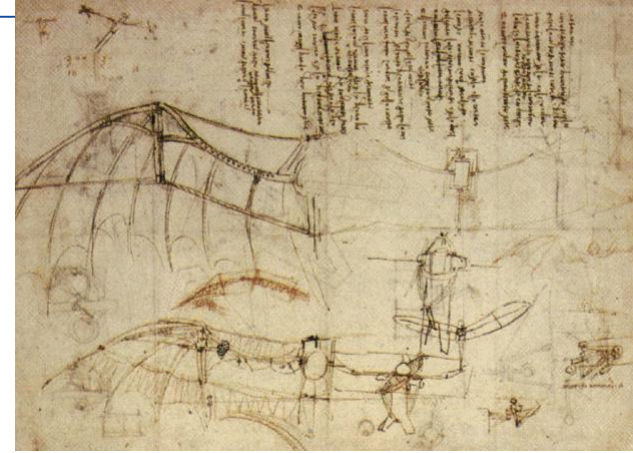
# Histoire de l'aéronautique | 1<sup>er</sup> rêves

- 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

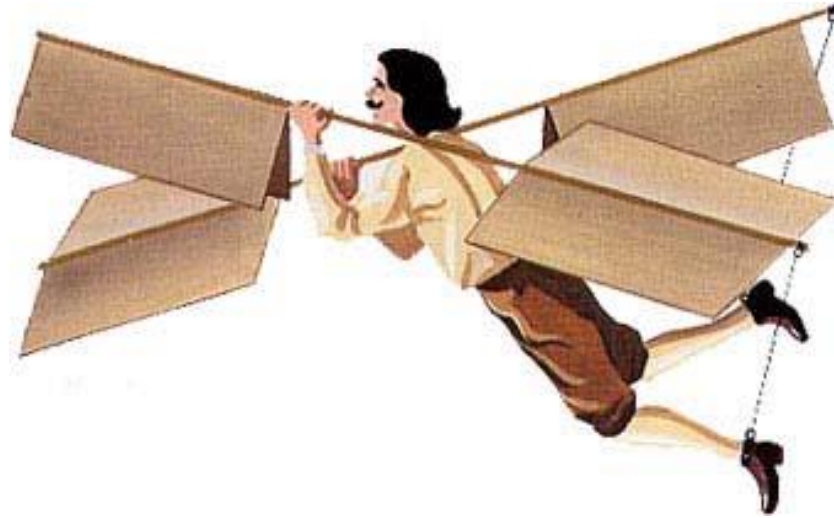


- Léonard de Vinci

- 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



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

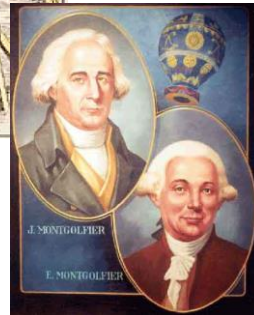
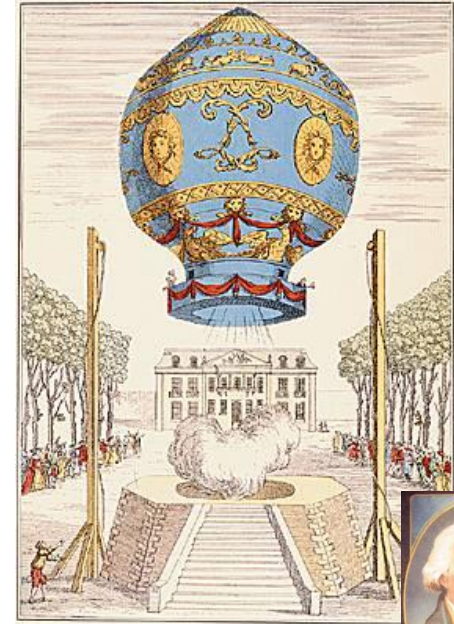


*Besnier (1678)*



# 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



- 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!



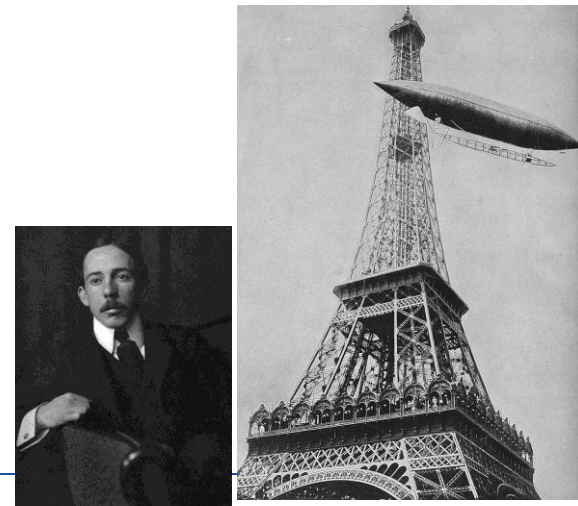
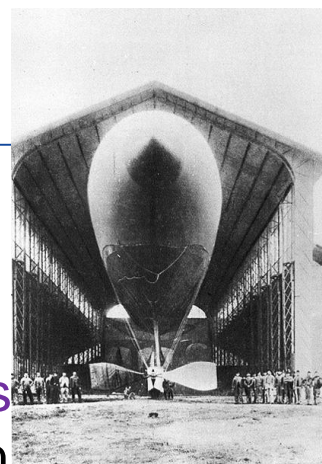
# Histoire de l'aéronautique | Aérostat

- 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)

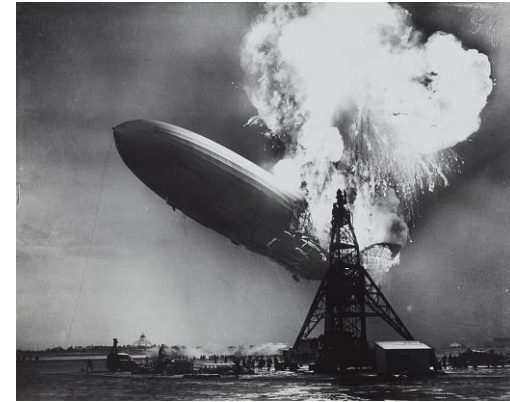
- Le champion du dirigeable est quand même **Alberto Santos-Dumont**

- 1901 : vol contrôlé en contournant la tour Eiffel



# 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



# Histoire de l'aéronautique | Les pionniers

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 (poussée, traînée, portance, poids)
- Réalise un planeur, fait monter son cocher dedans et...il piqua du nez (le planeur)

→ On y est presque!

*Mechanics' Magazine,*  
MUSEUM, REGISTER, JOURNAL, AND GAZETTE.  
No. 1520.] SATURDAY, SEPTEMBER 25, 1852. [Price 3d., Stamped 4d.  
Edited by J. C. Robertson, 146, Fleet-street.

SIR GEORGE CAYLEY'S GOVERNABLE PARACHUTES.

Fig. 2.

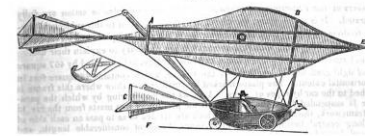
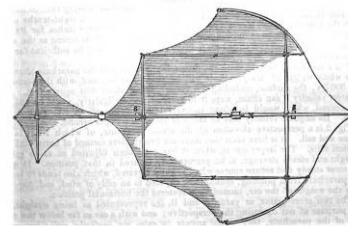


Fig. 1.



# 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

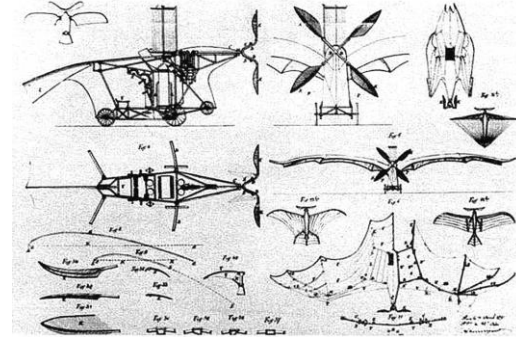
- Qui va être le 1<sup>er</sup> à voler ? Les 4 candidats :
  - **Otto Lilienthal** le « roi des airs » :
    - médaille du mérite : 2000 vols planés de 1891 et 1896
    - Beaucoup de recherches sur la forme de l'aile pour comprendre la portance. Ouvrage :  
« *Le vol de l'oiseau comme fondement de l'art 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 :

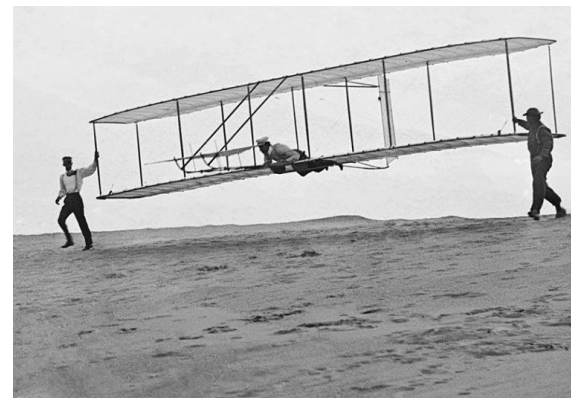
- **Clément Ader** : le poulidor
  - S'inspire de la chauve-souris
  - Crée l'aéroplane baptisé « Eole »:
  - 9 octobre 1890 : bond de 50m, mais vraiment un vol?
  - Il crée aussi le mot avion!
- Acronyme : A.V.I.O.N (Appareil Volant Imitant un Oiseau Naturel) (*avis* = oiseau)





# Histoire de l'aéronautique | Les pionniers

- **Orville 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

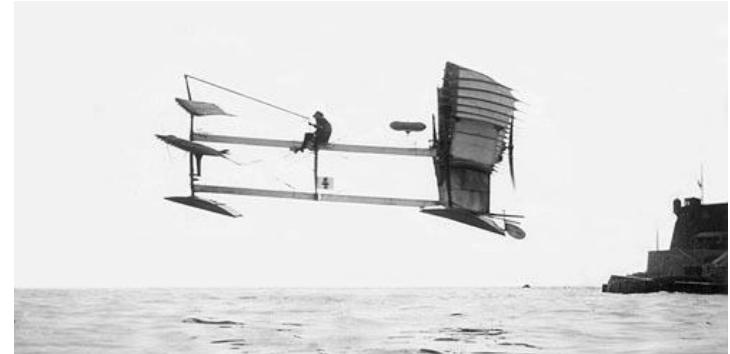
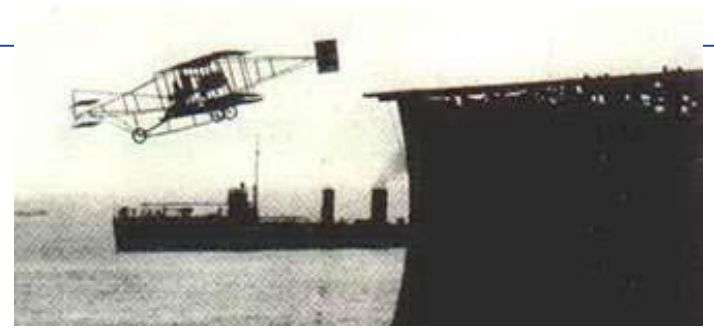
- Les formes définitives se cherchent encore
  - Monoplan? Biplan?



# 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

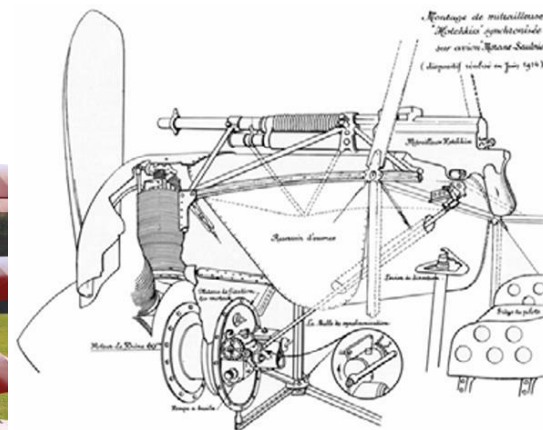
- Les avions vont se **spécialiser** :
  - Pour la chasse : Morane, Fokker
  - Pour la reconnaissance : Farman
  - Pour le bombardement : Breguet 14





# 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*



- 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 partis 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)



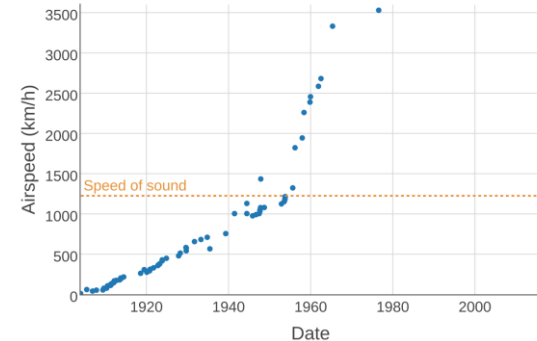


# Histoire de l'aéronautique | De 1945 à aujourd'hui

- 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

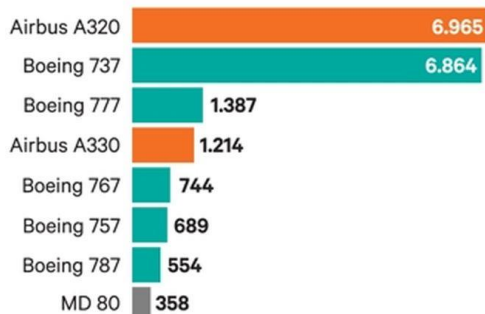


# Histoire de l'aéronautique | De 1945 à aujourd'hui



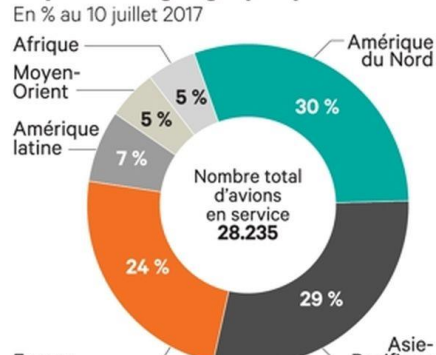
## Les modèles d'avions les plus répandus

En nombre d'avions



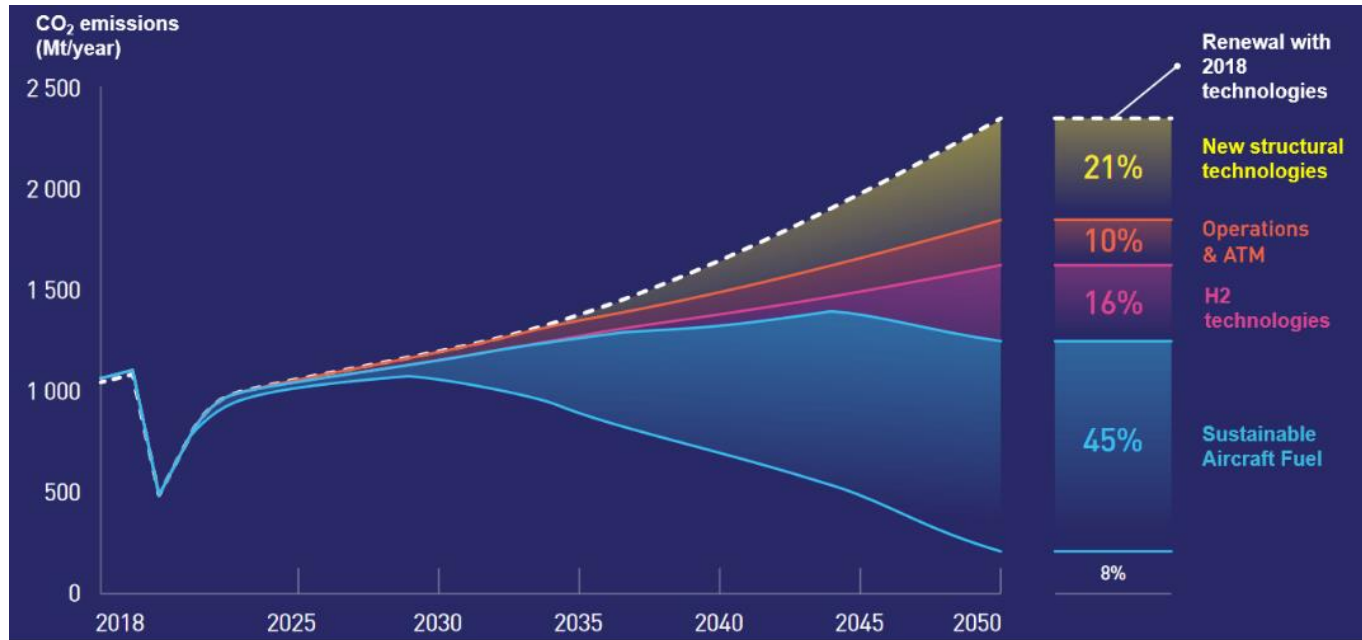
## Répartition géographique

En % au 10 juillet 2017



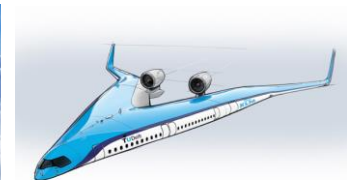
# Histoire de l'aéronautique | Le futur

- 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

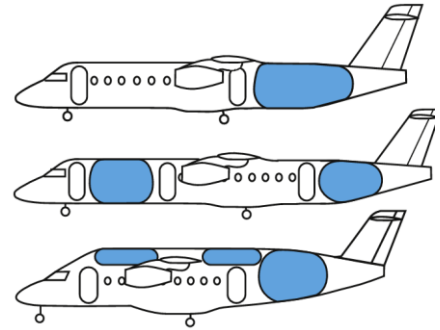


Fig. 6 – The different tank arrangements for the regional airliner.



## Le miracle de l'hydrogène?

- Production de l'hydrogène?
- Agencement des aéroports

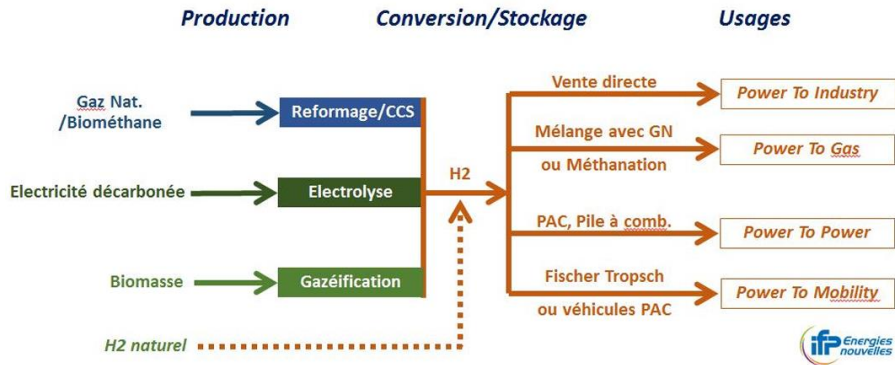


Figure 14 : modes de production de l'hydrogène (d'après l'IFP)



## Quel usage de l'avion?

- Taxi urbain
- Loisirs et croisière
- Retour du supersonique?

