



BUT MESURES PHYSIQUES

Parcours : Technique d'instrumentation

COMMUNICATION

Rapport

par

LUCAS DUBOIS
ÉMILIE BOUQUAIN
MANON BOSSA

Professeur :

Mr. Christophe Caravella

Table des matières

1	Introduction	2
2	Un peu d'histoire	3
2.1	La naissance de l'aéronautique	3
2.1.1	Les premières études	3
2.1.2	Invention des premiers moyen de vols	3
2.2	L'incidence de la première guerre mondiale	4
2.2.1	Les premières avions militaires	4
2.2.2	Les missions	4
2.2.3	Le constat de l'après guerre	4
2.3	L'incidence de la seconde guerre mondiale	5
2.3.1	Les débuts de l'armée de l'air	5
2.3.2	Le débuts des innovations	5
2.3.3	Le second constat de l'après guerre	5
2.4	Les débuts de la conquête spatiale	5
2.4.1	Les premiers satellites et les premières fusées	5
2.4.2	Le premier homme dans l'espace	5
2.4.3	Le lancement de la station spatiale ISS	5
3	Les nouvelles innovations	5
3.1	Nouveau principe de fonctionnement	5
3.1.1	Les composants de la force aérodynamique	5
3.1.2	Le principe de sustentation et de pression	7
3.2	Avenir et métiers, où en sommes nous ?	8
3.2.1	Les buts	8
3.2.2	L'impact du covid sur le développement, mais le renouveaux de certain métiers	8
3.3	L'impact environnemental	9
3.3.1	Le recyclage industriel	9
4	Des matériaux toujours plus performants	9
4.1	Allègement et optimisation des appareils	9
4.1.1	Des matériaux de plus en plus résistants	9
4.1.2	La légèreté des nouveaux matériaux	9
4.2	Les nouvelles performances des matériaux	10
4.2.1	Pièces à la durée de vie allongée	10
4.2.2	Pièces plus résistantes	10
4.2.3	Des matériaux augmentés avec des performances pilotées	10
4.3	Les dernières technologies	10
4.3.1	Le principe de l'impression 3D	10
4.3.2	L'invention des composites	11
4.3.3	Un cycle de plus en plus rapide	12
4.4	La cause environnemental	12
4.4.1	Le défi futur	12
4.4.2	Les matériaux au services de l'environnement	12
5	Conclusion	13

1 Introduction

On entend parfois dire que avion veut dire en réalité Appareil Volant Imitant un Oiseau Naturel, donc que avion est l'acronyme de cette formule. Mais c'est faux. Cette idée est apparue sur les réseaux sociaux en 2012. Il s'agit d'une étymologie populaire, c'est-à-dire d'une croyance populaire sur l'origine d'un mot, mais qui est fausse.

L'industrie aéronautique et spatiale est une industrie d'une importance majeure tant par sa taille (effectifs) que pour les applications induites et son rôle économique et stratégique : Elle constitue pour la France un secteur d'excellence reconnu. Son marché est mondial, majoritairement civil, composé de secteurs indépendants et spécifiques, qui peuvent fluctuer rapidement et impacter lourdement des pans entiers d'acteurs économiques locaux.

Le terme « aviation » recouvrant plus particulièrement le domaine des avions, le terme « aéronautique » est donc plus général et doit être employé lorsque le sujet recouvre l'ensemble des aéronefs.

Toulouse est devenue en quelques années le centre névralgique d'une multitude de projets de petits aéronefs décarbonés dans le sillage de l'avion régional à hydrogène annoncé par Airbus pour 2035. Mais la route vers la décarbonation sera longue.

Nous n'arrivons plus à prendre l'avion comme nous n'arrivons plus à croquer dans un steak. Dans ces conditions, deux choix s'offrent à nous : laisser tomber le secteur aéronautique et se tourner vers le ferroviaire, les énergies durables ou parier sur l'aviation verte. Il existe des startups sur la propulsion hybride à hydrogène. Le leader mondial aéronautique avait présenté à l'automne 2020 trois concepts pour ce futur aéronef dont une aile volante.

Nous avons choisi ce sujet, car il est très enrichissant ; il nous a permis de découvrir un milieu inconnu pour certains d'entre nous. Nous avons effectué des recherches sur des faits d'actualité, mais également sur le passé avec des événements mythiques depuis des générations. L'aéronautique est un sujet très varié et qui nous touche au quotidien (avion), mais également l'histoire (Apollon).

Suite au contexte environnemental nous nous sommes demandés, comment l'industrie aéronautique a-t-elle évolué en s'intéressant notamment au domaine des matériaux ?

Nous nous pencherons, dans un premier temps, sur l'histoire en abordant la naissance de l'aéronautique puis, la première guerre mondiale, la deuxième guerre mondiale, ainsi que la conquête spatiale. Dans un second temps, nous étudierons les innovations, en s'intéressant aux nouveaux procédés, puis au principe de fonctionnement, ensuite l'avenir des innovations et les débouchés, ainsi que l'impact environnemental. Dans un dernier temps, nous traiterons les nouveaux matériaux, en se penchant sur l'allègement et l'optimisation, puis les nouvelles performances des matériaux, nous nous intéresserons alors aux dernières technologies, ainsi qu'à la cause environnementale.

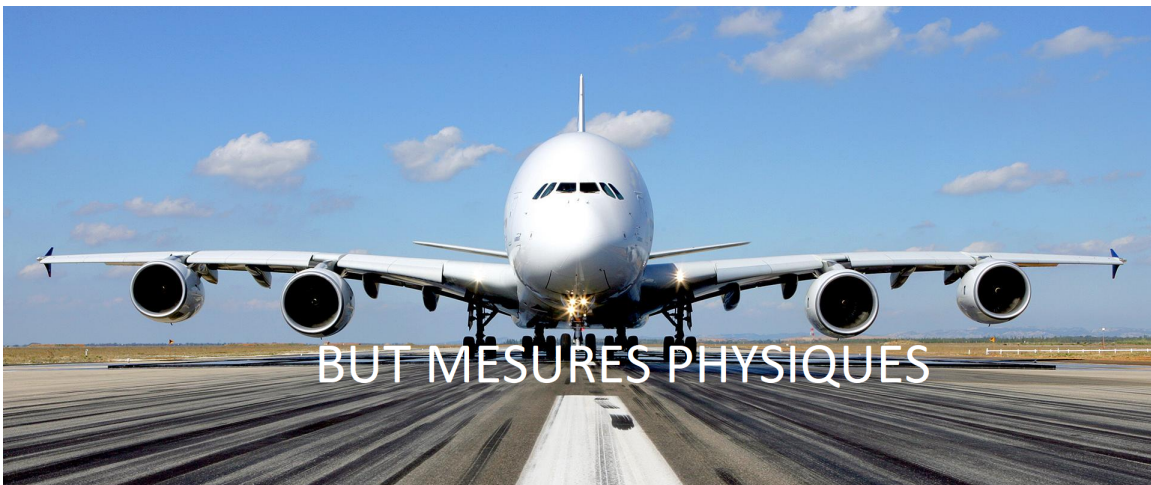


FIGURE 1 – Bienvenue à bord

2 Un peu d'histoire

2.1 La naissance de l'aéronautique

2.1.1 Les premières études

Dès les années 1500, des premières études sur le vol des oiseaux sont réalisées. Léonard De Vinci conçoit et dessine des machines volantes, proches de l'avion, de l'hélicoptère et du parachute. Pourtant il ne fait aucune tentative pour les réaliser.

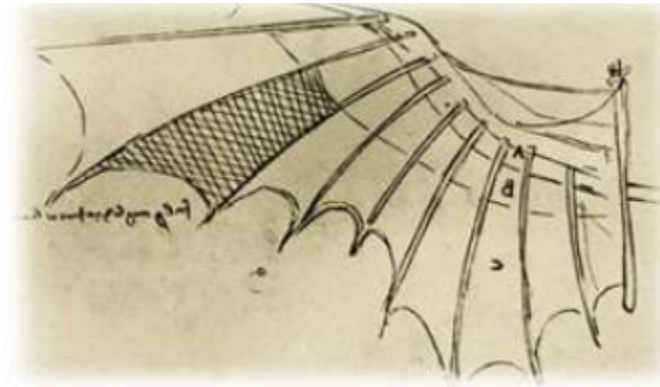


FIGURE 2 – Dessin

Durant les années 1600 certains philosophes, comme Descartes, ne croient pas que l'homme puisse voler par ses propres moyens. Descartes estime que l'homme manque de force et ne dispose pas de moyens assez puissants pour s'élever dans les airs. Mais de nombreux téméraires vont tenter leur chance comme Besnier (1678) et le Marquis de Bacqueville (1742).

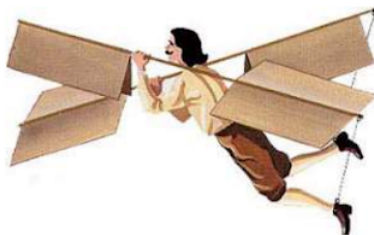


FIGURE 3 – Besnier (1678)



FIGURE 4 – Bacqueville (1742)

En 1809, le baron anglais Georges Cayley publie un ouvrage dans lequel il décrit pour la première fois la portance et la traînée. Il explique que la solution aile fixe et propulsion est préférable aux ailes battantes. Il invente l'empennage et la dérive et réalisera ultérieurement des modèles réduits de planeurs.

2.1.2 Invention des premiers moyen de vols

Le 4 juin 1783, les frères Montgolfier font la démonstration que l'on peut s'élever dans les airs avec le premier ballon captif à air chaud. Le 1er décembre 1783, c'est le premier vol d'un ballon à hydrogène (qui dure plus de 2 heures à 500 mètres d'altitude, réalisé par Jacques Charles et Nicolas-Louis Robert).



FIGURE 5 – Dessin

A partir de 1794, le ballon est utilisé, à des fins militaires, comme moyen d'observation lors de la bataille de Fleurus contre les troupes anglo-hollandaises. L'inconvénient principal du ballon est l'absence de moyen de pilotage. Un ballon est entraîné par le vent et circule à la même vitesse et dans la même direction que lui. Le premier vol d'un dirigeable mu par un moteur à vapeur a eu lieu en 1852. Mais en 1937, un nouvel incident encore dû à l'hydrogène et à l'électricité statique, va provoquer dans le New Jersey devant les caméras : la catastrophe du Zeppelin « Hindenburg ». Cet accident spectaculaire et dramatique marquera la fin des vols de dirigeables jusqu'à un redémarrage récent. Utilisés par l'Allemagne pour bombarder Londres. Ils seront rapidement détrônés par l'aviation.

En décembre 1856, nous avons un premier signe que l'on peut faire voler "un plus lourd que l'air". En effet, sur une plage en Bretagne, Jean Marie Le Bris va réussir à faire s'élever son planeur l'Albatros. Sa machine décolle, posée sur une charrette, face au vent et tirée par un cheval. Il invente alors le contrôle du vol en agissant sur l'incidence des ailes. En 1857 : Felix du Temple fait décoller un modèle réduit de 700 g propulsé par une machine à vapeur.

En 1890, l'aéroplane entre dans l'histoire de l'aviation avec le décollage sur 50 m de l'Eole de Clément Ader. L'appareil est muni d'un moteur à vapeur de 20 chevaux alimenté par alcool et d'une hélice quadripâle à pas variable.

En 1897, Clément ADER réalise une évolution de l'Eole équipée de deux moteurs, et celle-ci va s'élever sur 200 m. Son appareil porte le nom d'A.V.I.O.N (N°3).

2.2 L'incidence de la première guerre mondiale

2.2.1 Les premières avions militaires

En 1914, au début de la première guerre mondiale, les avions militaires sont peu nombreux et servent surtout à l'observation, la surveillance et pour le renseignement. L'avion est un moyen, plus pratique que le ballon captif, pour voir de l'autre côté de la colline. Le Zeppelin est utilisé durant la première guerre mondiale.

Au cours de la première guerre mondiale, la production artisanale devient une véritable industrie. A la fin de celle-ci, en 1918, la France possède alors la première industrie aéronautique au monde et a fabriqué, durant cette guerre, un total de 52000 avions et 90000 moteurs d'avions.

2.2.2 Les missions

De février à décembre 1916, lors de la bataille de Verdun, les militaires commencent à voir les possibilités offertes par l'aviation qui a une place importante dans le conflit. L'arrivée de l'aviation permet de nombreuses nouvelles missions. Les avions sont utilisés comme moyen de reconnaissance et servent pour la chasse et les bombardements.

2.2.3 Le constat de l'après guerre

A partir de 1930, toutes les grandes explorations sont terminées. L'aviation a perdu un peu de son caractère aventureux et héroïque pour devenir une routine. L'explorateur est remplacé par le commandant de bord.

Après la guerre, l'aviation commerciale fait son apparition, les premières compagnies sont créées. Air France voit le jour, en 1930, avec le premier vol du Boeing 247, le premier avion commercial à train escamotable. C'est le début de la suprématie américaine dans l'aviation de transport.

2.3 L'incidence de la seconde guerre mondiale

2.3.1 Les débuts de l'armée de l'air

L'armée de l'air est créée en 1934. Les principaux avions français sont des chasseurs et des bombardiers.

2.3.2 Les débuts des innovations

Le premier hélicoptère est créé en 1939. Au cours de la seconde guerre mondiale, la puissance des moteurs est passée de 1000 à 2500 CV. L'aviation connaît de nombreuses innovations techniques comme le radar, la fusée, le turboréacteur, des instruments de navigation, le siège éjectable. Les premiers avions à réaction sont militaires et s'approchent de la vitesse du son (1100 km/h selon la température). Le mur du son est franchi, par un avion à réaction, en 1945.

2.3.3 Le second constat de l'après guerre

En 1946, le premier avion à réaction français voit le jour, il s'agit du SO-6000 Triton conçu secrètement pendant l'occupation allemande, par Lucien Servanty, le père du futur Concorde.

Les premiers vols transatlantiques sont réalisés en 1946. Beaucoup plus tard, en 2004, le Mach 10 (11000 km/h) est atteint. En 2016, des questions écologiques se posent et l'avion solaire Solar Impulse II boucle le tour du monde.

2.4 Les débuts de la conquête spatiale

2.4.1 Les premiers satellites et les premières fusées

Le premier satellite artificiel Spoutnik 1, voit le jour en 1957, en Russie. Suivi du premier satellite de télécommunication américain "Teslar". En 1965, Diamant A, une fusée française, lance le premier satellites français. La France devient alors la troisième puissance spatiale.

2.4.2 Le premier homme dans l'espace

Un premier homme est envoyé dans l'espace en 1961, qui s'est accompagné d'une première sortie extra-véhiculaire en 1965. En 1969, c'est le lancement du programme Apollo à la conquête de la Lune. Lors du programme Apollo 11, Neil Armstrong est le premier homme à marcher sur la lune.

2.4.3 Le lancement de la station spatiale ISS

En 1971, c'est la naissance de la première station orbitale (URSS). Le premier vol d'Ariane (un lanceur européen) a lieu en 1979 depuis Kourou (en Guyane). Le premier élément de la Station Spatiale Internationale (ISS) est lancé en 1998 et le premier équipage est arrivé en 2000.

3 Les nouvelles innovations

3.1 Nouveau principe de fonctionnement

3.1.1 Les composants de la force aérodynamique

On retrouve de nombreux composants qui rentre en jeu dans la force aérodynamique, on y retrouve la portance, la traînée, le centre de poussée ainsi que le foyer.

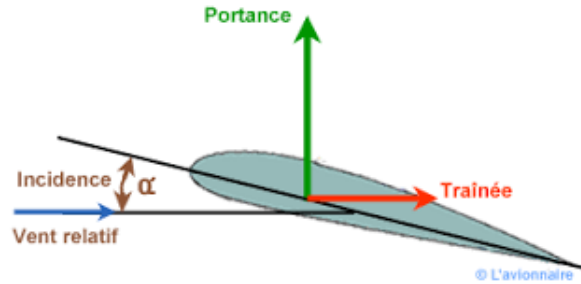


FIGURE 6 – Schéma représentant les composants de la force aérodynamique

- La portance : (F_z) C'est la composante aérodynamique perpendiculaire aux filets d'air du vent relatif.
- La traînée : (F_x) C'est la composante aérodynamique parallèle aux filets d'air du vent relatif.
- Le centre de poussée : (CP) C'est le point d'application des forces aérodynamiques, ils se déplacent suivant l'angle d'incidence.
- Le foyer : C'est le point d'application des variations de portance, il est fixe.

Les coefficients C_z et C_x sont respectivement les coefficients de portance et de traînée. Ils varient en fonction de la forme du profil et de l'angle d'incidence.

Pour petit rappel voici une image du Concorde :



FIGURE 7 – Concorde

Pour continuer notre développement, nous allons maintenant réaliser une application concrète de ces différentes définitions, prenons l'exemple du Concorde :

Concernant la portance, nous savons que le Concorde pèse à vide 79,26 soit 79260kg, à l'aide de ces données nous pouvons calculer le poids du Concorde.

$$P = F_z = m \times g = 777275,0N$$

Avec P le poids du Concorde, m la masse associée au Concorde et g la force de gravitation qui est une constante égale à $9,81m^2/s$, ainsi le poids du Concorde est de 777275,0N au décollage.

Avec l'aide de ce résultat nous pouvons en calculer le coefficient de portance C_z , nous aurons besoin des variables suivantes : le poids $P = 777275,0N$, la surface alaire $S = 358,0m^2$, la masse volumique $\rho = 1,2kg.m^3$ et enfin la vitesse $V = 2179,0km/h = \frac{2179,0}{3,6} = 605,3m/s$.

De plus, on sait que : $F_z = \frac{1}{2 \times \rho \times V^2 \times S \times C_z}$

Nous obtenons alors le calcul suivant : $C_z = \frac{F_z}{\frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S} = C_z = 0,1769$

Rappelons que contrairement à ce que l'on pense, ce n'est pas le moteur qui fait voler un avion mais son aile, qui génère de la portance. En effet, le vent relatif créé par le moteur et le vent de face passent sur l'extrados et l'intrados de l'aile. Il en résulte une dépression sur l'extrados et une surpression sur l'intrados, en vertu du principe de Bernoulli, qui montre que la vitesse du fluide (l'air) augmente lorsque la pression exercée sur le fluide diminue. L'addition de la surpression et de la dépression donne alors une force appelée portance qui aspire l'aile et donc l'avion vers le haut.

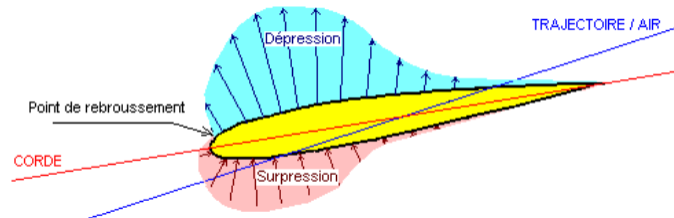


FIGURE 8 – Plan dépression et surpression

Malgré cela, il existe d'autres forces s'exercent sur l'aile, la plus connue est la traînée, l'aile est en effet un obstacle pour l'air et elle le freine car elle s'oppose au déplacement de l'air. Cette force est représentée par un vecteur parallèle au vent relatif et partant de l'aile.

On a donc 2 forces, la portance, perpendiculaire à l'aile donc au vent relatif, et la traînée. L'addition de ces 2 forces est appelée résultante aérodynamique. La résultante aérodynamique est donc décomposée en 2 forces, portance et traînée, et est appliquée au centre de poussée qui se déplace lorsque l'incidence varie.

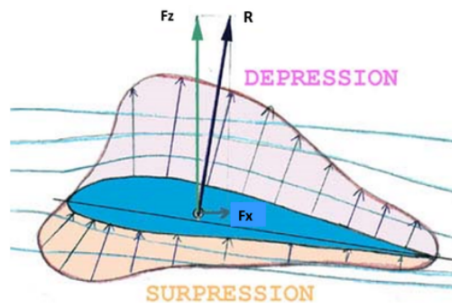


FIGURE 9 – Schématisation de F_z et F_x

Mais une aile n'est pas toujours parallèle au vent relatif, en effet pour effectuer des changements d'altitude, l'avion pivote autour de son axe de tangage et l'aile n'est alors plus dans les mêmes conditions de portance. On parle alors d'incidence pour exprimer l'importance du piqué ou du cabré. L'incidence étant l'angle formé entre la corde de l'aile et la trajectoire du vent relatif.

3.1.2 Le principe de sustentation et de pression

Pour en donner une définition, il s'agit de l'effet porteur dû aux actions combinées de pressions et dépressions que l'air exerce sur un corps. De plus, la pression est l'application d'une force sur une surface $\rightarrow P = \frac{F}{S}$, nous pouvons également définir la force aérodynamique (F_a) qui est une force générée par l'ensemble des surpressions à l'intrados et des dépressions à l'extrados. Elle augmente avec la vitesse et l'angle d'incidence.

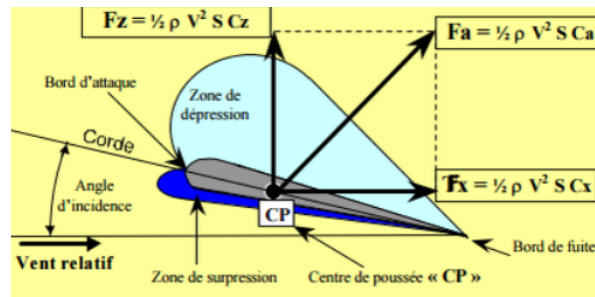


FIGURE 10 – Plan dépression et surpression

3.2 Avenir et métiers, où en sommes nous ?

3.2.1 Les buts

Le principal objectif du monde aérien est d'améliorer la portance en réduisant la traînée. Le problème est tel que la portance et la traînée sont complémentaires ; c'est-à-dire que si l'on augmente la portance, la traînée augmente également hors elle devrait être la plus faible possible. (à vérifier) Il y a également beaucoup de certification à avoir. Elles permettent de prouver aux clients leur conformité.

3.2.2 L'impact du covid sur le développement, mais le renouveau de certains métiers

Il avait faiblement rebondi en 2021 à 2,3 milliards puis retrouvé en 2022 74% du niveau d'avant-crise, soit quelque 3,3 milliards de voyageurs. Le trafic aérien mondial s'améliore constamment pour retrouver son niveau d'avant-crise (covid) en 2024.

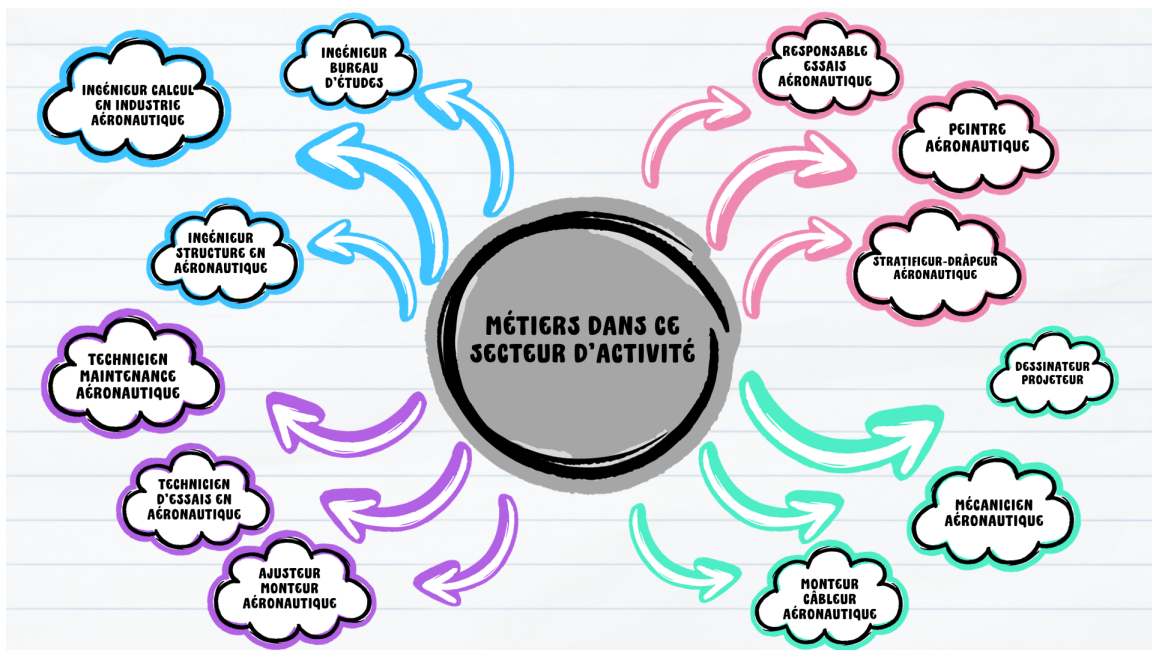


FIGURE 11 – Les métiers

Nous avons décidé d'effectuer plus de recherches sur un métier en particulier qui se trouve être l'ingénieur(e) dans l'aéronautique et l'espace.

L'ingénieur-e « aéronautique et espace » est au cœur de ce processus et doit être capable d'innover tout en prenant en compte les problématiques de développement de demain avec, entre autres, celles liées aux contraintes environnementales. L'ingénieur-e diplômé-e est à même d'interagir avec l'ensemble des composantes spécifiques liées au développement d'un produit ou système pour l'aviation ou le spatial grâce à son bagage pluridisciplinaire. Elle ou il possède de plus une forte connaissance des aspects réglementaires inhérents à ce domaine. Sa formation lui permet une intégration rapide au sein de projets industriels de grande envergure et d'être au cœur des évolutions aéronautiques et spatiales de la prochaine décennie.

3.3 L'impact environnemental

3.3.1 Le recyclage industriel

Les défis du recyclage sont l'environnement, recycler est bon pour l'environnement à condition qu'il soit bien fait. Bien fait signifie que les déchets chimiques, organiques et mécaniques soit déposée dans des récipients différents. En apportant de nouvelles matières pour produire de nouveaux biens, recycler permet aussi de diminuer l'utilisation des matières premières.

4 Des matériaux toujours plus performants

Dans le domaine de l'aéronautique, les principaux composites utilisés sont : la résine, le carbone, les fibre etc... Ces composites vont permettre de pouvoir alléger l'avion. Si on devait donner une composition des composites en général, on peut donner les pourcentage suivant :

$$\text{alu} = 20\% , \text{titan} = 15\% , \text{acier} = 10\%$$

Les principaux avantages de ces matériaux sont nombreux, on peut citer le fait que la résistance mécanique est accru, on a une résistance à la fatigue, élasticité, densité, résistance à la corrosion et, bien sûr, des prix compétitifs.

Un bon indicateur de l'adéquation d'un matériau est le rapport résistance mécanique/densité (la résistance spécifique), dont les valeurs doivent être élevées. Il faut tenir compte du fait que ces propriétés doivent se maintenir, quelles que soient les conditions opératoires de l'avion. Et de ce fait les matériaux composites ont un résultats excellent dans cet indicateur.

4.1 Allègement et optimisation des appareils

4.1.1 Des matériaux de plus en plus résistants

4.1.2 La légèreté des nouveaux matériaux

Dans le domaine de l'aéronautique, les principaux composites utilisés sont : la résine, le carbone, les fibre etc... Ces composites vont permettre de pouvoir alléger l'avion. Si on devait donner une composition des composites en général, on peut donner les pourcentage suivant :

$$\text{alu} = 20\% , \text{titan} = 15\% , \text{acier} = 10\%$$

Les principaux avantages de ces matériaux sont nombreux, on peut citer le fait que la résistance mécanique est accru, on a une résistance à la fatigue, élasticité, densité, résistance à la corrosion et, bien sûr, des prix compétitifs.

Un bon indicateur de l'adéquation d'un matériau est le rapport résistance mécanique/densité (la résistance spécifique), dont les valeurs doivent être élevées. Il faut tenir compte du fait que ces propriétés doivent se maintenir, quelles que soient les conditions opératoires de l'avion. Et de ce fait les matériaux composites ont un résultats excellent dans cet indicateur.

4.2 Les nouvelles performances des matériaux

Dans ce même secteur, l'allègement est un paramètre non négligeable puisqu'il permet une optimisation des appareils. Du dernier moteur de General Electric Aviation aux avions futuristes, les matériaux composites continuent de gagner du terrain dans l'aéronautique. Pour alléger les avions, de nombreuses entreprises et start-up ont développé des structures composites avancées qui permettent de réduire le poids à vide des avions de près de 20%, et donc réduire de moitié leur consommation et leur empreinte carbone.

En complément de cette partie, nous pouvons dire que ces innovations régulières dans le secteur de l'aéronautique ont poussé l'industrie du transport maritime à se tourner également vers les matériaux composites pour améliorer la durabilité des navires

4.2.1 Pièces à la durée de vie allongée

4.2.2 Pièces plus résistantes

Actuellement, l'industrie aéronautique doit faire face à de nombreux défis : se démarquer face à une concurrence internationale forte, produire plus et à moindre coût, réduire les coûts de maintenance, proposer de nouveaux matériaux toujours plus efficaces.

La proposition demandée aux industries aéronautiques au niveau de la durée de vie consiste en plusieurs points :

- Pièces aux propriétés mécaniques améliorées (traction, fluage)
- Pièces plus résistantes
- Pièces allégées
- Pièces plus résistantes à la corrosion
- Pièces à la durée de vie allongée

4.2.3 Des matériaux augmentés avec des performances pilotées

Avec l'aide d'un procédé connu sous le nom de Spark Plasma Sintering, les matériaux sont ultra performants et possèdent des caractéristiques techniques inédites : meilleure résistance à la corrosion, propriétés mécaniques améliorées, durée de vie allongée, allègement etc...

Pour donner une définition du spark plasma sintering, il s'agit d'un procédé de la métallurgie des poudres qui consiste à agglomérer des poudres sous l'effet simultané d'une forte impulsion électrique et d'une charge uniaxiale, afin d'obtenir des pièces de grande résistance et de haute densité.

Le Spark Plasma Sintering permet également la synthèse de matériaux massifs, innovants, originaux, à microstructures contrôlées pour des coûts modérés.

Pour parler plus de performances au niveau du design personnalisé, il est possible d'assembler plusieurs matières sans apport d'additif et obtenir ainsi des multi-matériaux. Les nombreuses possibilités de personnalisation (nuance, matière, texture, ...) offrent une créativité sans limite.

4.3 Les dernières technologies

4.3.1 Le principe de l'impression 3D

Une nouvelle manière de fabriquer des matériaux à vu le jour courant le 21^e siècle, il s'agit de la fabrication additive (l'impression 3D), il est désormais possible d'optimiser la forme et la structure des pièces et des composants, et de concevoir de nouvelles pièces.

Les gains envisagés sont énormes : plus besoin de moule ni de découpe donc moins de gaspillage de matière première. Aujourd'hui, on sait déposer par fabrication additive du polymère renforcé de fibres coupées ou continues. Ce n'est pas encore démocratisé, notamment pour les pièces de grande taille, mais des entreprises comme Safran ou Stelia

Aerospace y travaillent. Certains avions possèdent déjà des pièces métalliques issues de fabrication additive qui ont passé tous les tests de qualification.

Si l'utilisation de nouvelles techniques de fabrication et de thermoplastique vise surtout à maintenir la part de marché des composites dans les avions, la révolution dans la conception peut, quant à elle, faire gagner 20 à 30% de poids sur les pièces. Un allègement non négligeable dans l'objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

4.3.2 L'invention des composites

Réduire le poids des avions grâce à la fabrication additive et aux matériaux composites L'essor de nouvelles technologies permet aux industriels d'imaginer des structures et moteurs allégés. En 2022, le groupe Safran a ainsi inauguré un site dédié à la fabrication additive, une des technologies clés de l'allègement qui s'immisce peu à peu dans l'aéronautique.



FIGURE 12 – Utilisation des composites

C'est la raison pour laquelle l'A350 est composé de matériaux jusqu'à 67% plus légers (composites et titane), que les sièges sont allégés, de même que la vaisselle utilisée à bord.

Enfin, ces différents projets soulignent également une autre problématique, celle de la recyclabilité des matériaux en fin de vie et notamment des matériaux composites, qui étaient jusqu'à présent en grande partie enfouis ou incinérés. Le développement d'éléments en composites thermoplastiques recyclables est ainsi en plein essor.

On peut alors se demander quels sont les avantages et les défis des matériaux composites ?

Les intérêts d'utiliser les composites, matériaux ayant des propriétés spécifiques généralement plus élevées que celles des métaux, sont nombreux. Ils peuvent être mis en œuvre sous forme complexe en une opération, réduisant ainsi les opérations d'assemblage. Ils ont également une résistance à l'impact, une stabilité thermique et une tolérance aux dommages élevées, et ils résistent mieux à la fatigue et à la corrosion que les métaux. Avec les composites, nous pouvons réduire à la fois le coût et la masse des avions.

Cependant, nous devons améliorer le recyclage des matériaux composites, mais également les propriétés d'amortissement des vibrations afin d'assurer un meilleur confort des passagers dans les avions. Également, un enjeu important sera de fonctionnaliser les matériaux composites en intégrant en leur sein des capteurs « intelligents ». Nous pouvons également citer une autre façon d'accroître l'utilisation des composites qui passe par le développement de matériaux auto-cicatrisants.

Enfin, les composites à matrice céramique apparaissent aujourd'hui comme des candidats intéressants pour les applications à haute température car ils ont une faible densité, une dureté élevée et une résistance thermique et chimique élevée.

4.3.3 Un cycle de plus en plus rapide

Un cycle de production ultra rapide puisque en effet la métallurgie des poudres regroupe plusieurs techniques : le moulage par injection de poudres métalliques (MIM), la compression isostatique à chaud (HIP), la fabrication additive etc ...

Le frittage Flash est le procédé le plus utilisé quand on parle de cycle rapide puisqu'il consiste à agglomérer des poudres sous l'effet simultané d'une forte impulsion électrique et d'une charge uniaxiale, et ainsi d'obtenir des pièces de grande résistance et de haute densité. Couplé à la technique SPS, la densification de poudres et matériaux peut atteindre des vitesses généralement 10 à 100 fois plus élevées que celles des techniques de frittage traditionnelles.

Il permet la synthèse de matériaux massifs, innovants, originaux, à microstructures contrôlées, et ce, pour des coûts modérés. C'est l'une des seules technologies capables de produire des matériaux avec des microstructures sans grossissement des grains et avec un taux de densification voisin de 100%.

4.4 La cause environnemental

4.4.1 Le défi futur

La solution éco-responsable, le principal procédé fonctionne à partir de matières industrielles (métalliques, céramiques, ...) mais également de matières biosourcées (bois, végétaux ...). La fabrication est écologique : réduction des étapes, réduction du gaspillage de matières premières, chauffage et refroidissement maîtrisés, consommation de la matière au juste besoin.

Depuis 2020, la filière aéronautique est engagée dans un long processus de décarbonation. De multiples moyens devront être mis en œuvre pour atteindre l'objectif ambitieux de Zéro Émission nette de CO_2 en 2050. Si l'utilisation de sources d'énergie alternatives comme les carburants d'aviation durables est la priorité actuelle, sur le long terme, de nombreux autres leviers de décarbonation pourront aussi être actionnés, notamment l'allègement des structures.

À l'avenir, de nouvelles technologies de moteurs devraient voir le jour, notamment la technologie Open Rotor, qui permettrait de réduire la consommation en carburant de 20%. Au-delà de la motorisation, la recherche de sources d'énergie alternatives est actuellement au centre des préoccupations des industriels.

La propulsion électrique n'étant pas adaptée aux vols moyens et long-courriers, pour de multiples raisons (poids des batteries, bilan ACV, risque d'incendie, etc.), les fameux carburants d'aviation durable (CAD ou SAF), dont la généralisation permettrait de réduire les émissions de CO_2 de 45% d'ici 2050, représentent ainsi une solution de décarbonation prometteuse de l'aérien.

4.4.2 Les matériaux au services de l'environnement

Réduire la masse des avions est un défi permanent pour l'industrie aéronautique. Objectif : diminuer la consommation de carburant et les émissions de CO_2 associées, pour un transport aérien plus économe et plus « vert ». Mais ce n'est pas la seule contrainte qui s'impose aux industriels. Les matériaux employés doivent être légers, certes, mais également rigides et suffisamment robustes pour résister à des sollicitations mécaniques intenses. Voire à des impacts comme avec des grêlons ou des volatiles, lorsqu'il s'agit de pièces de moteurs.

Un autre défi pour les matériaux composites est celui de l'utilisation plus étendue des matrices thermoplastiques à la place des thermodurcissables. Cela pourrait être intéressant en termes de recyclabilité car un thermoplastique peut être refondu ce qui permet donc de récupérer plus facilement les renforts comme les fibres de carbone

Et avec le développement d'une filière de recyclage des aéronaves, cette solution fait également partie des objectifs fixés par la Stratégie Nationale du Transport Aérien 2025.

5 Conclusion

La fabrication additive est un procédé de création d'objets tridimensionnels à partir d'un fichier numérique. Enfin, grâce à la fabrication additive (l'impression 3D), il est désormais possible d'optimiser la forme et la structure des pièces et des composants, et de concevoir de nouvelles pièces. Les gains envisagés sont énormes : plus besoin de moule ni de découpe donc moins de gâchis de matière première. Les pièces sont soumis à tests de qualification afin de valider leur conformité avant qu'ils soient utilisé au quotidien.