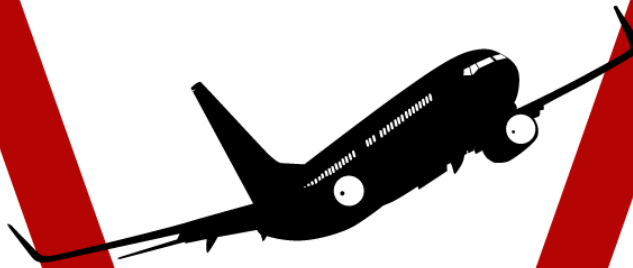


USAIRE Student Award  
2023

-

“Paris Air Show 2035 :  
your perspectives on the  
show”



Le Salon du Bourget est un évènement incontournable pour les entreprises, start-ups et personnalités politiques. Chaque acteur a l'opportunité de mettre en exergue ses dernières avancées technologiques et aussi sa vision pour l'avenir. Dans quelques années, les secteurs de l'aéronautique et du spatial devront répondre à de nouveaux défis et de nouvelles problématiques. Ces enjeux sont bien sûr de l'ordre technologique et industriel sans oublier les dimensions économiques et politiques. Enfin, le dernier rapport de synthèse sur le climat du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), publié le 20 mars 2023, alertent sur l'impact environnemental. C'est un enjeu de société fort que l'industrie aéronautique et spatiale prend en compte dans ses activités futures. C'est pour répondre à ces cinq enjeux que nous nous demandons :

**« Dans quelle mesure la 60<sup>ème</sup> édition du Salon International de l'Aéronautique et de l'Espace (SIAE 2035) sera disruptive vis-à-vis de ses prédécesseurs ? »**

*Nous sommes en 2035 et c'est à travers les yeux de Thomas, étudiant ingénieur en aéronautique et spatial et visiteur du Salon, que vous pourrez découvrir ce à quoi ressemble le Paris Air Show 2035 où il se trouve actuellement.*

Je viens d'arriver à l'aéroport de Paris-Le Bourget pour le SIAE 2035. J'ai hâte de découvrir cette édition si particulière et j'ai préparé un programme pour être sûr de ne rien manquer.

Je vais aller découvrir les **nombreuses nouvelles technologies** qui ont vu le jour dans l'industrie aéronautique ces dernières décennies. La deuxième partie de la matinée sera consacrée à la **puissance militaire européenne actuelle**. Cette après-midi, j'irai appréhender les **enjeux de l'exploration spatiale et ses perspectives d'évolution**. La journée se terminera par **l'impact sociétal** avec des échanges sur les sujets de l'économie et des emplois créés et à créer. Je suis impatient de pouvoir vous transmettre tout ce que je vois et j'entends.

## **I. Les tendances actuelles dans l'industrie aéronautique**

C'est enfin l'heure pour moi, étudiant passionné par les enjeux des industries aéronautique et spatiale, de découvrir ce que cette 60<sup>ème</sup> édition du Salon International de l'Aéronautique et de l'Espace nous réserve.

### **A. Les nouveaux moyens de propulsion**

Je me dirige donc vers les premiers stands d'entreprises pour voir ce qu'elles révèlent cette année. Je suis tout de suite attiré par une exposition statique de quelques avions électriques et hybrides. Les avions électriques ont beaucoup évolué ces dernières années. Il y a 20 ans, seuls quelques prototypes voyaient le jour. Leur principal défaut : l'autonomie.

Aujourd'hui, cette problématique n'est plus présente. 25% des vols régionaux sont réalisés avec des avions hybrides ou bien à propulsion 100% électrique. Malgré les dernières avancées technologiques vis-à-vis de la masse des batteries, ces dernières restent encore trop lourdes pour des vols de longue durée. L'aviation légère opère à présent la presque totalité de sa flotte en 100% électrique. Cela est rendu possible grâce aux courtes durées et distances des vols. De son côté, l'entreprise toulousaine Aura Aero, présente au



Figure 1: Avion régional à propulsion électrique ERA (entreprise Aura Aero)

salon cette année, est l'une des dignes représentantes des avions de transport régional à propulsion électrique. Son avion de 19 places baptisé ERA (Electric Regional Aircraft) est en service depuis 2028 et a su faire ses preuves. ERA a su se montrer facilement opérable et c'est notamment ce qui a séduit les compagnies aériennes. Son point fort, mis à part d'être propulsé électriquement par huit hélices, est d'être facilement maintenable. Les tâches de maintenance à réaliser se font de manière optimale. Pour qu'un avion ait une bonne opérabilité, il faut entre autres qu'il réponde aux critères suivants :

- Disponibilité de l'avion
- Générer le moins de coût de maintenance
- Rester opérable le plus longtemps possible
- Revenir rapidement à un état opérable lorsqu'il fait face à des problèmes techniques

Aura Aero montre sur des affiches les résultats d'opérabilité de son avion ERA sur les sept dernières années et je dois avouer que c'est un avion qui répond à tous les critères. De plus, c'est un avion éco-responsable puisqu'il utilise des matériaux biosourcés et/ou recyclés et des fibres naturelles. Il fait également fonctionner l'économie circulaire en ayant de sites de production locaux et neutres en carbone.

La grande nouveauté chez Aura Aero cette année, c'est leur nouvel avion régional présenté au salon. Prénommé NEW ERA, cet avion permet d'emporter plus de passagers et sur des distances plus longues. Le premier prototype est présenté cette année. J'aimerais échanger avec les personnes présentes et découvrir toutes les technologies mais, il y en a tellement cette année que je suis obligé de me concentrer sur certains stands et ne peux tout parcourir en une journée.

Je continue donc mon chemin vers la nouveauté phare du salon : un exemplaire du premier avion commercial à propulsion hydrogène du programme ZEROe d'Airbus. Un avion commercial fonctionnant à l'hydrogène est une prouesse technologique lorsque l'on sait les contraintes que l'hydrogène implique (meilleure densité énergétique par unité de masse mais pas du tout par unité de volume). L'H<sub>2</sub> prend trois fois plus de place que le kérosène historiquement utilisé dans l'aviation et il est stocké sous forme liquide à très faible température (-253°C).

Grâce au travail de CFM sur la motorisation, Airbus est enfin capable de présenter son produit final. Les concepts qui ont été finalement retenus pour la commercialisation sont le Turbofan et le Turbo prop, l'aile volante étant trop contraignante en termes d'opérabilité. Le démonstrateur mis en place sur un A380 et développé ces dernières années a permis de faire mûrir la technologie, notamment l'utilisation de piles à combustible. L'utilisation de l'hydrogène permet de réaliser des vols à zéro émission de CO<sub>2</sub> en vol et de réduire l'empreinte carbone à hauteur de -65%. D'ailleurs, je vais tout de suite voir le premier vol qui devrait avoir lieu dans quelques minutes. Je suis certain d'être subjugué par tant de nouvelles technologies réunies.



Figure 2: Turbo prop ZEROe d'Airbus

Le temps passe vite et je change donc déjà de zone pour voir les nombreuses entreprises présentant leur eVTOLs et véhicules autonomes. Même si la tendance est de dire que les « taxis volants » sont l'avenir, ils sont déjà le présent. Avec un premier essor de la technologie lors des Jeux Olympiques de Paris en 2024, les aéronefs à décollages et atterrissages verticaux électriques sont en pleine croissance. Ils rencontrent un franc succès et permettent de repenser nos déplacements, surtout dans les grandes villes engorgées. Les entreprises telles que Volocopter et Lilium ont déjà mis

en service leurs appareils. Ils proposent de nombreux vols pour amener les personnes depuis Paris au salon. Cependant, l'inconvénient de ces eVTOLs est le nombre de passagers qui varie de deux à quatre dont un pilote à bord.



Figure 3: eVTOL Wisk

Si j'en avais eu l'occasion, j'aurais voulu venir au salon avec le taxi volant de l'entreprise Wisk détenue par Boeing. Il a la particularité d'être totalement autonome. Il peut emporter quatre passagers puisque le pilote n'est pas nécessaire. C'est un eVTOL qui a été certifié en 2028 et l'entreprise travaille déjà sur la prochaine génération qui pourra emporter jusqu'à huit passagers sur une distance de près de 250 km.

## B. Les nouveaux carburants verts

Il est maintenant l'heure de poursuivre mon chemin et ma visite du salon. Je rentre dans une zone entièrement dédiée aux SAF (Sustainable Aviation Fuel), les carburants verts. Cela fait quelques années maintenant que les avions des compagnies aériennes utilisent des SAF. Ce sont des biocarburants qui sont créés à partir de biomasse : de la décomposition des déchets organiques ou des e-fuels qui sont en réalité des carburants de synthèse. Certains biocarburants sont produits à partir de résidus agricoles ou forestiers, d'algues, de biodéchets, d'huiles de cuisson usagées ou même de certaines graisses animales. L'accord conclu en 2023 entre le Parlement Européen et le Conseil de l'Union Européenne vis-à-vis des règles « ReFuelEU Aviation » avait marqué, en son temps, le premier cadre pour l'utilisation des SAF dans l'Union Européenne. Aujourd'hui, en 2035, l'industrie aéronautique est en avance avec l'utilisation de 25% de SAF pour l'ensemble des vols au départ d'un aéroport de l'UE, contre 20% initialement prévu par cet accord. Ceci est dû aux progrès réalisés dans la production de SAF en UE. L'utilisation massive des carburants d'aviation durables permet la réduction de l'empreinte carbone du secteur. Cependant, la production est encore marginale. C'est l'une des problématiques actuelles et reste un enjeu conséquent pour les années à venir.

Contrairement à ce que nous pourrions penser, les contraintes des SAF ne sont pas d'ordre technologique car de nos jours et avec les récents efforts des motoristes, tous les avions commerciaux sont 100% compatibles SAF. Les nouveaux avions sont conçus pour pouvoir fonctionner avec les SAF et les avions déjà en service peuvent faire duetrofit. Aujourd'hui, la contrainte est d'ordre aéroportuaire. L'utilisation de SAF implique de massifs changements d'infrastructures et donc des investissements pour les aéroports. Ces changements impliquent des coûts m'explique Lucas, ingénieur au sein du groupe ADP (leader mondial de l'exploitation d'aéroports). L'utilisation massive des SAF signifie repenser toute la chaîne de stockage et d'approvisionnement du carburant. Les aéroports développent des GSE spécifiques (Ground Support Equipment) mais cela prend du temps et coûte beaucoup d'argent aux aéroports. Par exemple, les petits aéroports ne peuvent financièrement pas se permettre d'avoir de grandes capacités de stockage de SAF.

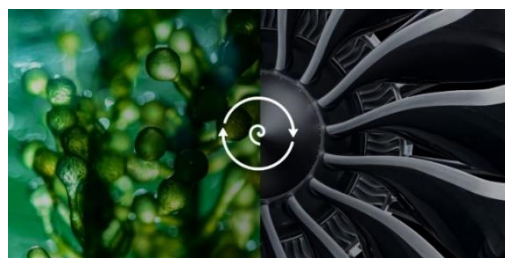


Figure 4: L'utilisation importante des SAF

## C. Les nouveautés et défis de la conception, de la production et de la supply chain

Je marche en direction du hall suivant qui est dédié à l'utilisation des nouvelles technologies dans la conception, la production et la supply chain. L'industrie aéronautique est en plein renouveau avec de nouvelles manières de travailler et de produire. Au vu des difficultés d'approvisionnement des

matériaux que nous avons connu récemment, la supply chain joue un rôle clé dans le bon fonctionnement de la production des avions. Les objectifs fixés récemment et qui commencent à être mis en place sont de dépendre le moins possible des pays étrangers et de favoriser la production locale au niveau du pays ou de l'UE lorsque ce n'est pas possible. De plus, la montée en cadence de la production d'avions a fait naître des usines d'un nouveau genre : les usines 4.0. Elles s'apparentent à celles du domaine automobile et permettent d'enchaîner les tâches, et par conséquent de produire plus d'avions à l'année. Le trafic aérien est toujours en pleine croissance et il faut que la production suive. Grâce aux données transmises par les nombreux capteurs présents sur la ligne d'assemblage, l'industrie 4.0 offre une capacité d'analyse en temps réel de ce qu'il se passe dans l'usine et permet ainsi de réagir en direct aux éventuels problèmes. L'impression 3D et la fabrication additive sont des technologies qui permettent dès aujourd'hui, en 2035, de concevoir des pièces avec moins de matière, plus légères, plus petites, et donc moins chères à fabriquer.

Lors de la phase de conception, l'intelligence artificielle est devenue presque essentielle en 2035. Elle aide les ingénieurs à concevoir des pièces d'avions tout en réduisant la masse. De plus, les ingénieurs s'appuient sur les technologies de réalité virtuelle, réalité augmentée ainsi que réalité mixte. Cela leur permet de visualiser leur pièce/composant/système dans l'environnement et cela améliore drastiquement l'intégration des composants. J'ai d'ailleurs eu la chance d'essayer la réalité mixte et je dois dire que j'ai été impressionné de l'étendue des possibilités.

#### **D. Une solution technologique prometteuse**

Enfin, je souhaitais absolument voir la nouvelle idée révolutionnaire d'une jeune startup : supprimer les trains d'atterrissage. Un des ingénieurs m'explique que ce sont des systèmes très lourds (plusieurs tonnes représentant 3 à 5% de la masse maximale au décollage) et volumineux qui ne sont utilisés qu'au décollage et à l'atterrissage. Ils souhaitent donc les éliminer pour gagner de la masse et de la place. La consommation en serait par conséquent améliorée. Je trouve cela ambitieux mais très prometteur. Leur solution est la suivante :

- **Décollage** : l'avion est posé sur un charriot et ce dernier est catapulté sur le même principe qu'un avion de chasse sur un porte-avions.
- **Atterrissage** : l'avion va venir se poser sur un charriot similaire à celui du décollage. Le charriot est connecté avec l'avion et calcule en temps réel le point de contact sur la piste. Le charriot fait en sorte d'arriver à ce point de rencontre en même temps et à la même vitesse que l'avion. Le matériau du charriot absorbe l'énergie à l'impact et le charriot ralentit jusqu'à la fin de la piste. Un charriot est alloué par zone d'emplacement, et donc par avion. Ils sont autonomes et 100% électriques.

## **II. Glaive et bouclier : duo offensif d'une armée puissante**

*Thomas est passionné par l'aéronautique et tous les enjeux qui sont liés au secteur. Après avoir passé quelques heures à échanger avec des professionnels sur les solutions techniques qu'il étudie en cours, il a maintenant envie de découvrir les entreprises qui font rayonner la puissance militaire européenne présentes au salon.*

Le développement du secteur militaire est essentiel pour assurer la sécurité des démocraties. Il représente un challenge important dans le paysage mondial actuel soumis à de nombreux conflits. Découvrons ensemble la puissance militaire dévoilée et expliquée au SIAE 2035.

## A. Envol vers le système de combat aérien du futur – SCAF



Figure 5: Affiche de présentation du SCAF

En sillonnant les allées du salon, j'arrive devant le SCAF. Le programme de cet avion européen a été lancé en 2017 et a enfin abouti ! Il a été décidé par les politiques européennes que son premier vol public serait effectué aujourd'hui pour le premier jour du salon.

Le système est composé d'un avion de combat de cinquième génération, doté de technologies avancées. Furtivité, intelligence artificielle, connectivité et automatisation ont été les maîtres mots de ces dernières années dans le développement de la technologie de combat. Cette arme redoutable, repose sur un système intelligent qui permet d'orchestrer une frappe aérienne. Travailler en réseau permet une meilleure coordination avec d'autres plateformes militaires comme les drones, les systèmes de surveillance et de défense antimissiles.

C'est le nouveau PDG de Dassault Aviation qui fait la présentation du système de systèmes aujourd'hui. Comme il le précise, ce projet européen est un symbole de l'entente entre plusieurs pays en matière de développement à la pointe de la technologie. Revenons quelques années plus tôt, en 2023, Eric Trappier, alors PDG de Dassault Aviation, était défavorable à un élargissement massif du projet à plusieurs pays européens. L'interopérabilité est un réel enjeu dans la conception de cette arme redoutable et un grand nombre d'acteurs dans un projet a toujours rendu les prises de décision complexes. Cependant, au vu de l'investissement colossal, la collaboration entre les pays était primordiale.

Lors du développement, les ingénieurs en charge du système de combat ont dû résoudre des défis technologiques notamment sur la propulsion, les matériaux avancés et les systèmes de guidage. Aujourd'hui, une présentation en vol est faite, c'est absolument magistral : une flotte de drones vient de passer au-dessus de l'aéroport de Paris-le Bourget.

## B. La Cybersécurité présente au salon du Bourget

La Cybersécurité est devenue une préoccupation majeure, avec des cyberattaques sophistiquées de plus en plus fréquentes. Les gouvernements et les entreprises investissent massivement dans des solutions de défense cybernétique de pointe pour protéger leurs infrastructures vitales et leurs produits.

Il y a maintenant dix ans, depuis l'attaque évitée de justesse par les armées françaises sur toute une flotte de drones, les gouvernements ont investi massivement dans la cybersécurité. L'un des enjeux du salon est de montrer au public la puissance que les armées ont développée.

Sur le programme de la journée, il est écrit « 14h - Rendez-vous salle 13, bâtiment 4, pour une Expérience Cyber ». L'exercice n'a pas été défini dans le programme. Comment les organisateurs ont réfléchi pour mettre en place un événement d'une telle ampleur ? Je suis actuellement devant une grande salle où chaque personne, positionnée derrière son ordinateur, fait face à un écran géant de plus de dix mètres de long.

C'est le début d'un scénario cauchemardesque. Un décompte est affiché. C'est parti, l'exercice est lancé. La pièce s'assombrit et des dizaines de spectateurs, tout comme moi, regardent ces personnes s'animer sur leurs ordinateurs. Un maître des événements est là. Il explique le scénario. 2045, une attaque est en cours sur le territoire français, des étrangers tentent de pénétrer une base aérienne. Aucun nom n'est donné pour garder le scénario fictif et par souci de confidentialité.

La simulation nous montre la réaction des dirigeants et collaborateurs de l'armée de l'Air et de l'Espace face à une crise majeure.

Comme nous l'explique le commentateur, elle s'est préparée à ce genre d'attaques et est prête à y faire face. Ces exercices menés, plusieurs fois par an, et avec différents scénarios, permettent de déceler des failles et de rendre plus robustes la sécurité des bases aériennes et des produits militaires. Ces exercices montrent les impacts catastrophiques qu'une défaite impliquerait. En effet, les systèmes militaires sont de plus en plus gérés par des intelligences artificielles et gérés par ordinateur.

Pendant toute la durée du salon, des exercices vont être menés chaque jour pour montrer la supériorité militaire des armées face à une attaque de ce type.

### C. 2010 – 2035 : La course aux armes hypersoniques

Je viens d'entrer dans la salle de conférence où le sujet de discussion porte sur la course à l'armement hypersonique de ces deux dernières décennies. Les planeurs et les missiles de croisières hypersoniques sont devenus des armes stratégiques dans le secteur de la défense et affirment la puissance militaire de l'État qui les détient. Cependant, le coût de ces « game changers » est très élevé à la fois pour produire les engins mais aussi pour former les opérateurs à acquérir et maîtriser un savoir-faire à la pointe de la technologie.

Les enjeux humains et technologiques ainsi que les investissements financiers nécessaires ont été des freins à la montée en puissance d'une nouvelle génération d'armement. Leur mise sur le marché a été retardée par des difficultés technologiques majeures mais les recherches se sont intensifiées et que ce soit l'ONERA, MBDA ou ArianeGroup, leur investissement massif pourra rendre possible leur commercialisation en 2040. La prolifération des armes hypersoniques a également mis en exergue l'instabilité stratégique qu'elles génèrent. L'équilibre actuel entre les puissances nucléaires peut être remis en question avec des armes tellement rapides que le temps de réaction est amoindri. Les pays vont avoir tendance à vouloir accroître leurs arsenaux pour compenser cette nouvelle menace.

Ces armes sont à la fois ultra rapides (vitesse supérieure à Mach 5) et très manœuvrables. Les planeurs hypersoniques sont lancés à l'aide d'un moteur fusée et passent par la haute atmosphère tandis que les missiles hypersoniques volent à une altitude de 20 à 30km avec une portée plus courte. Équipés de volets et d'ailerons, ils peuvent rebondir sur les différentes couches de l'atmosphère pour changer de direction et ainsi avoir des trajectoires imprévisibles.

- Discussions sur le missile ultra performant de la compagnie MBDA

L'intercepteur de croisière hypersonique européen, au cœur du programme Hydis (Hypersonic Defense Interceptor), est un programme qui rassemble plusieurs nationalités et de nombreuses entreprises et sous-traitants. La commission européenne a également participé au financement du projet en 2026. Devant le stand de l'entreprise MBDA, le directeur du programme nous explique la difficulté de la mise en place des exigences entre pays.

Aujourd'hui, MBDA est ravi de présenter le tout dernier fleuron de l'industrie de la défense : le Missile Aquila. Dès le premier coup d'œil, l'Aquila se démarque par son design aérodynamique élégant et ses lignes futuristes. Conçu par une équipe d'ingénieurs et de scientifiques de renommée mondiale, ce missile de nouvelle génération représente une avancée significative dans la technologie militaire. L'Aquila est le fruit d'une coopération internationale sans précédent, représentant l'aboutissement des compétences et des connaissances partagées par les plus grandes puissances aérospatiales. Il incarne l'engagement continu envers la paix et la sécurité mondiale en offrant une dissuasion efficace et une protection accrue aux forces alliées. Le missile Aquila ouvre la voie à une nouvelle ère de la

défense aérospatiale. Avec ses capacités révolutionnaires, sa précision inégalée et son engagement envers la sécurité mondiale, l'Aquila est un atout inestimable pour les forces militaires du monde entier.

Forger un avenir plus sûr et plus avancé pour le monde est l'un des leitmotifs de l'industrie de la défense. L'Aquila n'est qu'un exemple de tous les produits du secteur de la Défense des armes hypersoniques.

#### D. Éthique et technologie militaire : une quête responsable vers l'avenir

Pour cette soixantième édition, une table ronde a été mise en place pour débattre et opposer différents points de vue sur l'avenir de la Défense. Complexe et crucial, le débat est inévitable.

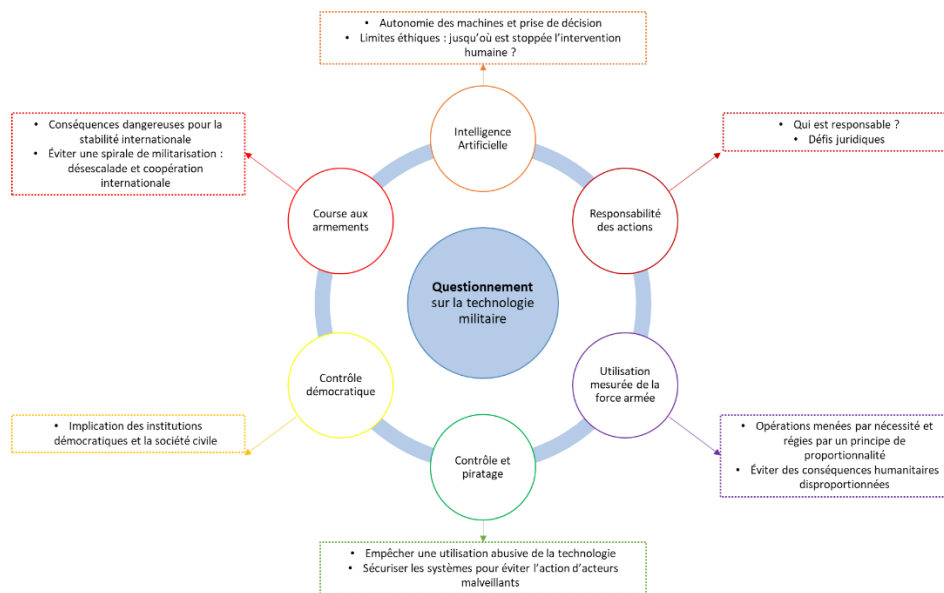


Figure 6: Sujets abordés dans les débats d'éthique et de responsabilité militaire lors de la 60<sup>ème</sup> édition du SIAE

Finalement, le débat sur l'éthique et l'utilisation responsable de la technologie militaire en aviation est essentiel pour déterminer la manière dont les avancées technologiques seront utilisées.

### III. Les perspectives du spatial en 2035

Je viens d'arriver devant le stand de l'Agence Spatiale Européenne (ESA). Des résultats de la mission d'exploration du satellite JUICE y sont exposés.

Je me rappelle très bien du décollage de la sonde Jupiter Icy Moons Explorer (JUICE) : c'était précisément le 14 avril 2023. Elle avait décollé depuis le Port spatial de l'Europe en Guyane française. C'était la première fois que l'ESA mettait en orbite un satellite autour de Jupiter. Avant cela, seul des survols avaient été organisés par l'ESA autour de Jupiter, le dernier avant la mission JUICE ayant eu lieu en 2000 avec la mission Cassini-Huygens.

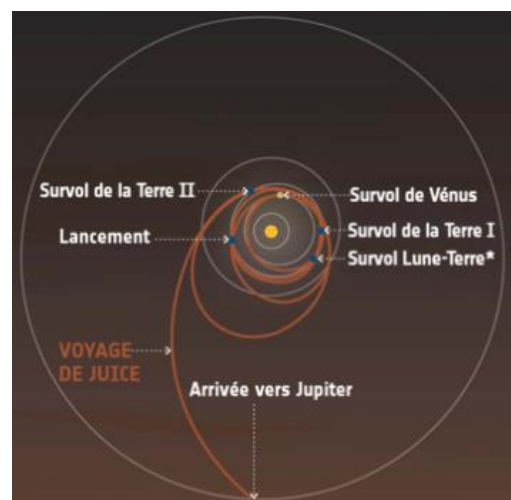


Figure 7: Le voyage du satellite JUICE vers Jupiter



L'objectif de JUICE était d'étudier la planète de gaz géante ainsi que ses lunes : Ganymède, Callisto and Europa. Les scientifiques soupçonnaient la présence d'eau en forte quantité sous leur surface. Après avoir réalisé 35 survols des lunes glacées, le satellite a atteint sa destination finale il y a quelques jours : Ganymède. Les résultats de cette expédition spatiale sont édifiants. L'ESA a confirmé la présence d'eau en grande quantité suite à des études technologiques poussées. Il semblerait donc que les lunes glacées de Jupiter soient un lieu où la vie peut se développer. L'ESA expose une maquette de plusieurs mètres de la lune Ganymède. Je regarde cette reconstitution avec des yeux de passionné. J'y découvre les zones avec de fortes concentration d'eau sous forme vapeur mais aussi liquide.

Je me dirige à présent vers la maquette à l'échelle 1:2 du satellite qui se situe à l'extérieur du hall. Cela représente tout de même une envergure de près de 15m avec les panneaux solaires dépliés. J'y découvre les technologies utilisées :

- Des panneaux solaires de faible puissance car la lumière du soleil est 25 fois plus faible que sur la Terre
- La couverture à isolation multicouches (MLI) permettant de maintenir la température interne stable
- Une antenne longue distance pour la transmission des données
- Une protection des appareils électroniques sensibles face à de hauts niveaux de radiation.

Lors d'une prise de parole du directeur de la stratégie d'exploration spatiale, j'apprends que l'ESA prévoit de mettre en place une mission pour aller explorer plus en détail les lointaines planètes que sont Neptune et Uranus. L'ESA a pour objectif de lancer, avant les années 2080, une mission d'exploration des géantes glaciaires que sont Neptune et Uranus. L'objectif de cette stratégie d'exploration spatiale est de découvrir de nouvelles exoplanètes. Les recherches actuelles montrent qu'une grande partie des exoplanètes est composée de gaz. Un des enjeux des années à venir est d'explorer notre système solaire et de comprendre pourquoi il est ainsi. Il est essentiel de procéder de cette manière si nous voulons comprendre le fonctionnement des systèmes d'exoplanète.



Figure 8: Vue d'artiste d'une partie de la base lunaire

Je décide de continuer mon chemin et je rentre dans l'un des grands halls du salon. Tout à coup, je passe devant une grande maquette et de nombreux écrans explicatifs. Il s'agit d'une représentation à échelle réduite de la base lunaire qui va servir de tremplin pour l'exploration spatiale dans les années futures. L'un des objectifs bien affichés est de se diriger vers Mars. En observant la maquette, je remarque que la base lunaire dispose de tout ce qui est nécessaires pour accueillir des équipes d'astronautes pendant quelques mois :

- Une station permettant d'alunir en toute sécurité
- Une grande salle d'observation avec des télescopes de dernière génération
- Un laboratoire avec plusieurs pièces dédiées aux expériences et études spatiales
- Des serres contenant de nombreux végétaux

- Un bâtiment pressurisé dans lequel vivent les astronautes
- De grands hangars servant à construire des satellites et des vaisseaux spatiaux, le but étant de pouvoir explorer d'autres planètes et éventuellement de s'y poser

Je suis émerveillé par cette maquette et les technologies qui y sont représentées. En discutant avec les professionnels présents sur le stand et en regardant les informations techniques affichées sur les écrans, je comprends que les bâtiments sont construits à base de régolithe. C'est une poussière fine présente sur la Lune et créée par le bombardement incessant de micrométéorites, de rayons cosmiques et de particules du vent solaire. Mars est également recouverte de régolithe (martien) dont la formation résulte d'impacts de météorites, voire d'astéroïdes plus massifs. La grande concentration de glace d'eau se situe aux pôles mais surtout dans des cratères en permanence à l'ombre. C'est à ces endroits que l'eau est extraite et rendue potable. Pour ce qui est de la génération de puissance, de nombreux panneaux solaires sont orientés vers le soleil. Ces panneaux solaires ont la caractéristique de s'orienter automatiquement vers le soleil et dans la position idéale pour capter le maximum de rayons du soleil. L'énergie captée est ensuite stockée dans de grandes batteries ainsi que dans des supercondensateurs. Cette énergie permet d'assurer des conditions de vie optimale aux astronautes. L'oxygène, lui, est fabriqué sur place et extrait directement du régolithe lunaire. Les Etats et entreprises assument même leur ambition de créer une base similaire sur Mars dans les années futures. Je trouve le développement de cette base lunaire passionnant mais je dois poursuivre mon chemin, je vais maintenant assister à une conférence sur la place des entreprises privées dans la conquête de l'espace.

Je viens d'arriver au stand où se tient la conférence. Ces dernières années, les entreprises privées ont pris une place de plus en plus importante dans le paysage spatial par rapport aux entreprises publiques. Il y a quelques dizaines d'années, seules les agences spatiales comme l'ESA avaient accès à l'espace. Le monde spatial a bien changé depuis avec l'essor d'entreprises privées qui souhaitent conquérir l'espace. Jusqu'à cette époque-là, l'espace était pensé au service des hommes, dans un but purement scientifique. Aujourd'hui, en s'intéressant à l'espace, les entreprises privées y voient un business lucratif relativement nouveau.

La conférence parle des acteurs privés majeurs qui bousculent les codes comme SpaceX, Blue Origin, Virgin Galactic, ainsi que de la pollution spatiale. Ces entreprises se livrent quotidiennement une bataille pour une interconnectivité plus présente et robuste que jamais. De nombreux satellites sont envoyés de manière très régulière. SpaceX est au cœur des débats de cette conférence avec un sujet qui revient souvent : la constellation Starlink. Depuis 2019, SpaceX lance des groupes de satellites dans le but de proposer à la vente un service d'accès à internet en haut débit par satellite. Aujourd'hui, en 2035, la constellation de satellites Starlink représente un nombre très important de satellites dans l'espace.

La conférence met l'accent sur la pollution spatiale avec cette concentration de plus en plus grandissante de satellites, et par conséquent, de débris spatiaux. Grâce à la technologie des lanceurs récupérables avec atterrissage vertical, une entreprise a développé un système de lanceurs permettant de récupérer les débris et les satellites obsolètes. Ces lanceurs calculent au préalable leur trajectoire vers les débris ciblés et grâce à un système comparable à un filet, ils les ramènent sur Terre. Ils sont ensuite étudiés et recyclés en grande partie.



Figure 9: Pollution spatiale due aux nombreux satellites

En tant qu'étudiant dans le secteur aérospatial, je trouve cette idée très novatrice et indispensable si l'on souhaite garder l'espace et notre atmosphère les plus propres possibles.

#### **IV. L'implication de notre société dans l'industrie aéronautique et spatiale**

Le développement de l'aéronautique a un impact majeur sur l'économie et la création d'emplois de plusieurs manières. L'industrie aéronautique emploie directement un grand nombre de personnes dans des domaines tels que la conception et la fabrication d'aéronefs, la maintenance, l'ingénierie, la recherche et le développement, ainsi que la gestion des opérations aériennes. En plus des emplois directs, l'aéronautique soutient une vaste chaîne d'approvisionnement, composée de nombreux fournisseurs et sous-traitants qui contribuent à la fabrication et à la maintenance des avions. Ces entreprises génèrent également des emplois dans différents secteurs.

L'industrie aéronautique a un effet multiplicateur sur l'économie, car les dépenses des employés et des entreprises du secteur stimulent d'autres secteurs économiques tels que l'hôtellerie, la restauration, le tourisme et les services connexes. Les avions et les composants aéronautiques font partie des produits les plus exportés par de nombreux pays. L'industrie aéronautique contribue donc à la balance commerciale positive, stimulant la croissance économique du pays.

Le développement de nouvelles technologies dans l'aéronautique nécessite des investissements importants en recherche et développement. Cela encourage l'innovation dans de nombreux domaines, ce qui peut déboucher sur des découvertes et des avancées bénéfiques pour d'autres industries. La croissance de l'industrie aéronautique entraîne souvent le développement d'infrastructures aéroportuaires améliorées et de services connexes, ce qui crée de nouveaux emplois dans le secteur des transports et des services aux voyageurs.

C'est un moteur essentiel pour la prospérité économique de nombreux pays à travers le monde.

#### **Conclusion**

Le salon du Bourget 2035 offre des perspectives passionnantes sur l'avenir de l'industrie aéronautique. Le salon met en lumière les avancées technologiques et les innovations qui façonneront le paysage aéronautique mondial dans les années à venir. Des avions plus écologiques, propulsés par des énergies renouvelables, promettent une réduction significative des émissions de carbone et une empreinte environnementale réduite.

Les nouvelles technologies de connectivité et d'intelligence artificielle révolutionnent l'expérience du voyage aérien, rendant les déplacements plus fluides et personnalisés. Les systèmes de transport aérien urbain et les taxis volants prennent leur envol, ouvrant de nouvelles possibilités de mobilité urbaine.

Le salon témoigne d'un secteur dynamique, tourné vers l'avenir et résolument engagé dans la recherche de solutions durables et novatrices pour l'aviation de demain. Ces domaines ne cesseront jamais d'évoluer. J'attends avec impatience les annonces prises par les industriels et les signatures faites à la fin de cette édition pour connaître la future tendance du développement de l'industrie aéronautique et spatiale.

## Bibliographie

### A. Nouvelles technologies

- <https://www.usinenouvelle.com/editorial/avec-le-projet-gullhyver-les-avions-de-demain-auront-des-ailes-deux-fois-plus-longues.N2144362>
- <https://www.carbone4.com/analyse-faq-aviation-climat>
- <https://www.leparisien.fr/haute-garonne-31/avion-electrique-lentreprise-toulousaine-aura-aero-engrange-deja-les-commandes-12-10-2022-AAJ4IV5KRVGYJGKRHDYBKWEHEA.php>
- <https://aura-aero.com/era/#characteristics>
- <https://lilium.com/>
- <https://wisk.aero/aircraft/>
- <https://www.air-journal.fr/2023-04-26-saf-le-tres-ambitieux-mandat-de-lue-5248226.html>

### B. Puissance militaire Européenne

- <https://www.usinenouvelle.com/article/en-rachetant-l-australien-tesserent-thales-consolide-sa-position-dans-la-cybersecurite.N2142057>
- <https://www.usinenouvelle.com/article/bruxelles-veut-pousser-l-industrie-de-la-defense-a-produire-plus-de-munitions.N2129346>
- <https://www.usinenouvelle.com/article/airbus-helicopters-se-reve-en-numero-un-de-la-defense.N2105631>
- <https://www.usinenouvelle.com/article/asb-relocalise-a-bourges-la-production-de-piles-amorcables-pour-munitions.N2121966>
- <https://www.usinenouvelle.com/editorial/comment-le-ministere-des-armees-a-relance-une-filiere-industrielle-francaise-de-quartz-de-synthese-pres-de-chambery.N2121466>
- <https://www.usinenouvelle.com/article/la-france-veut-dedier-413-milliards-d-euros-aux-armees-d-ici-a-2030-quels-industriels-en-profiteront.N2119281>
- *Edition Spécial Bourge, Air & Cosmos, juin 2023*
- *Armes hypersoniques : quels enjeux pour les armées?, IFRI, Joseph HENROBIN, juin 2021*

### C. Enjeux de l'exploration spatiale

- [https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/France/Juice\\_de\\_l\\_ESA\\_s\\_envole\\_pour\\_decouvrir\\_les\\_secrets\\_des\\_lunes\\_glacees\\_de\\_Jupiter](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/France/Juice_de_l_ESA_s_envole_pour_decouvrir_les_secrets_des_lunes_glacees_de_Jupiter)
- [https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/ESA\\_s\\_Cosmic\\_Vision](https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/ESA_s_Cosmic_Vision)
- <https://www.usinenouvelle.com/article/pourquoi-arianegroup-renforce-ses-moyens-de-surveillance-de-l-espace.N2140242>
- <https://www.ouest-france.fr/leditiondusoir/2020-03-06/uranus-et-neptune-vont-saligner-une-mission-spatiale-ira-t-elle-sur-ces-planetes-meconnues-7172199d-a3dd-4f38-b7ff-5d5c55b4d33e>
- <https://www.nationalgeographic.fr/espace/2021/08/de-leau-sur-la-lune-la-nasa-pense-avoir-resolu-cette-enigme-spatiale>
- <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/planetes-regolithe-13527/>