



L'industrie
aérospatiale
face au défi
climatique



SOMMAIRE

Veiller sur la Terre depuis le ciel

p. 4

Observer

le « système Terre »

p. 6

Décarboner

le transport aérien

p. 8

Concevoir

l'avion du futur

p. 10

Développer

les carburants bas carbone

p. 12

Pour un transport aérien durable

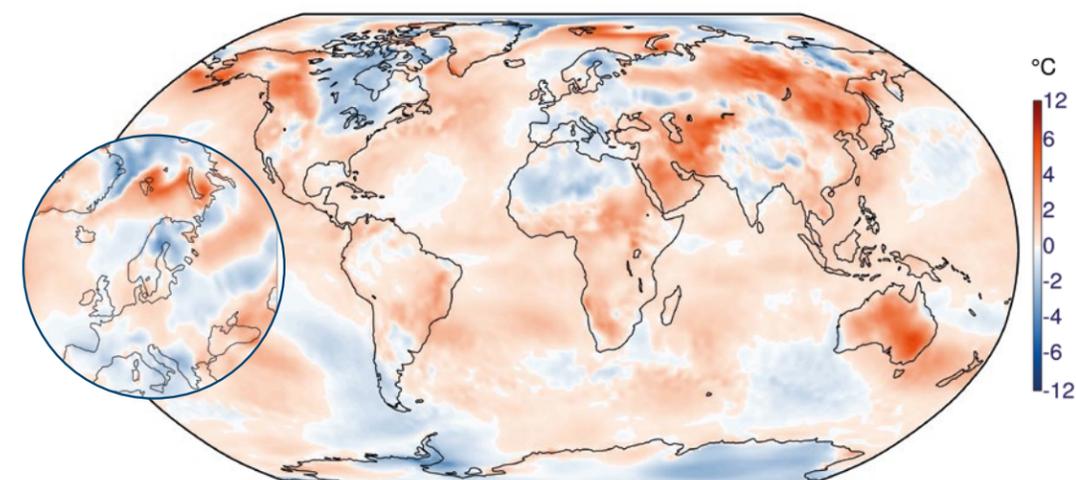
p. 14

L'histoire de l'aéronautique et de l'espace est faite d'audace, d'inventions, de paris. Accompagnant les premiers aviateurs comme les astronautes d'hier et d'aujourd'hui, c'est une foule de chercheurs, d'ingénieurs, de compagnons, qui ont su relever les défis les plus exigeants. Pour celles et ceux qui permettent chaque jour, par leur savoir-faire unique, de contempler la Terre depuis le ciel, le défi climatique s'impose comme à tout citoyen, mais avec une acuité et une urgence toutes particulières qui mobilisent le secteur aérospatial dans son ensemble. Les formidables possibilités ouvertes par l'observation satellitaire permettent d'affiner notre compréhension des mécanismes complexes du dérèglement climatique et d'en évaluer les effets. Mais l'on oublie souvent que le transport aérien déploie, dans les mêmes entreprises ou les mêmes centres de recherches, des efforts considérables pour atténuer l'impact climatique de l'aviation, qu'il importe aujourd'hui de décarboner le plus rapidement possible pour compenser l'effet d'une croissance du trafic qui ne se dément pas. Nos industries, nos laboratoires, sont profondément conscients de cette responsabilité et savent qu'il leur faudra être plus inventifs et plus rigoureux que jamais. Faire progresser nos technologies pour mieux observer notre planète, développer un transport aérien durable qui connecte les humains et les territoires, c'est tout l'objet des innovations que nous vous invitons à découvrir.

L'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère, essentiellement liée à l'utilisation d'énergies fossiles, est la principale cause de la hausse des températures. Le CO₂ étant un gaz à effet de serre à longue durée de vie, les émissions passées et présentes continuent d'entretenir un réchauffement dans le futur. Limiter le réchauffement climatique actuel nécessite des transformations profondes dans le monde entier et dans tous les secteurs (énergie, bâtiments, transports, industrie, agriculture...).

Le réchauffement climatique global atteint déjà + 1°C par rapport à la période préindustrielle. En signant l'Accord de Paris adopté au Bourget à l'issue de la COP21 en 2015, les États se sont engagés à ne pas dépasser le seuil de + 2°C par rapport au niveau préindustriel, tout en poursuivant leurs efforts pour limiter cette hausse des températures à + 1,5°C. Une valeur qui pourrait être atteinte entre 2030 et 2052, si les émissions de gaz à effet de serre se poursuivent au rythme actuel.

ANOMALIE DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR EN SURFACE, JANVIER 2019 PAR RAPPORT À LA MOYENNE 1981-2010



Source : ERA-Interim



“ L’aéronautique et l’espace, aujourd’hui comme hier, font rêver. Ils sont symboles d’échanges entre les hommes et d’ouverture sur le monde. Notre filière prépare l’avenir par un effort inédit de recherche et d’innovation : observer la Terre depuis l’espace, adapter le transport aérien au changement climatique, autant de défis que notre industrie s’engage à relever. ”

Éric Trappier
Président du GIFAS



Veiller sur la Terre depuis le ciel



Des premières hypothèses au début des années 70 à la connaissance acquise aujourd'hui sur les mécanismes et l'évolution du dérèglement climatique, les observations des différentes composantes du système Terre (terres émergées, glaces, océans, atmosphère) révèlent les caractéristiques du climat et ses fluctuations. Elles sont également **essentiels pour valider les résultats des simulations climatiques**. On ne parle plus de systèmes d'observation mais de « systèmes de systèmes », combinant des mesures *in situ* (bouées, ballons sondes, capteurs au sol, etc.) et des dispositifs de télédétection (satellites, avions de mesure).

1/2

La moitié des 50 variables dites « d'intérêt climatique » sont mesurées depuis l'espace.

Pour certaines, le satellite complète d'autres moyens de mesure (par exemple les réseaux de capteurs sol pour la mesure de la concentration de CO₂) ; pour d'autres, seule une mesure depuis l'espace est possible.

x6

La fonte des glaces en Antarctique s'accélère.

Selon une étude récente, réalisée à partir d'images radars satellitaires, l'Antarctique fond **6 fois plus vite** qu'il y a quarante ans.

+3 mm/an

Élévation du niveau des mers

depuis 1992 (source : satellites Topex/Poseidon, Jason-1 et Jason-2).

“ Voir la planète, prendre du recul, cela permet d'apprécier sa fragilité. On se sent minuscule quand on la regarde d'ici. Elle est tellement belle ! Il faut vraiment la faire durer le plus longtemps possible. ”

Thomas Pesquet
Spationaute ESA

UNE EXTRAORDINAIRE DIVERSITÉ DE MOYENS, À LA HAUTEUR DES ENJEUX

Les mesures *in situ* effectuées par des avions (avions de recherche ou avions de ligne) ou des ballons, aident à préparer et valider les technologies pour de futures missions spatiales. Ces dernières permettent d'appréhender les phénomènes à l'échelle globale, d'accéder à certains paramètres non mesurables autrement (par exemple la mesure fine de la hauteur des océans, d'observer de façon continue les conséquences du dérèglement climatique (processus de déforestation, surfaces des calottes polaires, etc.) et de valider les modèles numériques simulant les différents scénarios d'évolution du climat.



Avion de mesure SAFIRE (CNES-Météo France-CNRS)

DES FONCTIONS MAJEURES

- Contribuer à la compréhension des mécanismes physiques et à leur modélisation (exemple : quel rôle des aérosols et des nuages ?).
- Surveiller l'évolution de certains systèmes terrestres (forêts tropicales et équatoriales, glaciers, mers et océans) à différentes échelles temporelles ; ceci implique aussi un rôle d'alerte et de suivi des crises environnementales.
- Donner des clés aux décideurs (aménagement des territoires, définition des zones inondables, suivi de la déforestation).
- Lorsque cela sera pleinement réalisable techniquement, cartographier les zones d'émissions anthropiques (par exemple du CO₂) avec une précision suffisante pour suivre les engagements de chacun face aux traités internationaux.

Le programme COPERNICUS

Le plus grand système spatial d'observation de la Terre

L'Agence Spatiale Européenne (ESA) et l'Union Européenne ont lancé dès 1998 le programme COPERNICUS pour fournir à l'Europe une capacité autonome d'observation et de surveillance de la Terre. Le réseau COPERNICUS, constitué, à terme, de six familles de satellites – les Sentinel – d'une trentaine de missions complémentaires (Spot, Pléiades, MetOp ou Jason) ainsi que de capteurs *in situ*, permettra de disposer en permanence d'une vue globale et complète de l'état de la planète.

Six domaines d'application sont concernés : l'atmosphère, le milieu marin, les terres émergées, le dérèglement climatique, la gestion des urgences et la sécurité. Autant de services utiles à la communauté scientifique, mais également aux politiques européennes et nationales.



Ballons de mesure (CNES)

L'Observatoire Spatial du Climat

Une initiative mondiale entre les agences spatiales nationales

L'Observatoire Spatial du Climat est un projet international initié lors du *One Planet Summit* à l'appel du CNES et officiellement lancé en juin 2018.

L'initiative rassemble les principales agences spatiales et les scientifiques pour renforcer la coopération en matière d'acquisition, d'exploitation et de partage des données concernant le changement climatique.



Observer Le « système Terre »

Pour garantir une meilleure acquisition et exploitation des données satellitaires, l'industrie aérospatiale s'est donné trois priorités :

- Garantir la continuité des mesures en assurant le maintien des capacités sur de futures missions
- Renforcer la précision des mesures (résolution spatiale) en préparant les évolutions des instruments actuels
- Améliorer la fréquence des mesures (résolution temporelle) sur un même point géographique

Océans

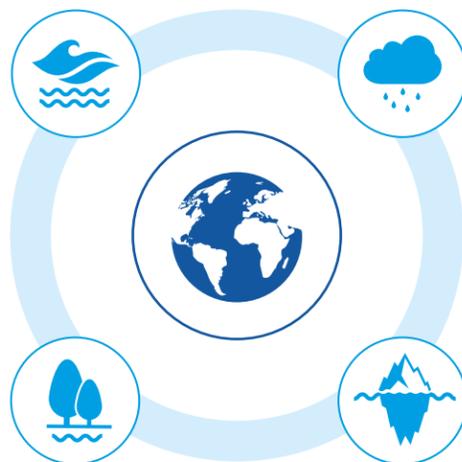
Indicateurs : température de surface, salinité superficielle, niveau de la mer et des vagues, courants marins, « couleur » de l'océan (teneur en plancton)

Missions : MSG (2002-2015), SMOS (2009), Sentinel-1 (2014), Sentinel-3 (2018), Jason-CS/Sentinel-6 (2020), MTG (2021), SWOT (2021)

Terres émergées & végétation

Indicateurs : débit des fleuves, niveau des lacs, sols gelés saisonniers, occupation des sols, fraction du rayonnement absorbé photo-synthétiquement actif, indice foliaire, forêts, biomasse et biodiversité

Missions : SMOS (2009), Sentinel-1 (2014), Sentinel-2 (2015), BIOMASS (2021), FLEX (2023)



Atmosphère

Indicateurs : précipitations, pression, température, bilan radiatif, vitesse du vent, humidité, propriétés des nuages, CO₂ et CH₄ (depuis 2009)

Missions : CALIPSO (2006) MetOp (2006-2018), ADM-Aeolus (2018), EarthCare (2021), Microcarb (2021), MTG (2021), IASI (2021)

Glaces polaires & glaciers

Indicateurs : glaciers, calottes glaciaires, couverture neigeuse, albédo, mesure par gravimétrie

Missions : GRACE (2002), CRYOSAT-2 (2010), Sentinel-2 (2015), Sentinel-3 (2018), GRACE Follow On (2018)

Le dérèglement climatique

Il induit des événements météorologiques extrêmes : cyclones, orages, pluies diluviennes ou sécheresses causant par exemple de vastes et violents feux de forêts.

Les satellites sont à même de fournir une combinaison d'images et de données de géolocalisation, d'assurer une connectivité Internet en toutes conditions, l'ensemble permettant de disposer de fonctions élaborées d'alerte, d'évaluation des dommages et de suivi des secours en cas de crise environnementale grave.

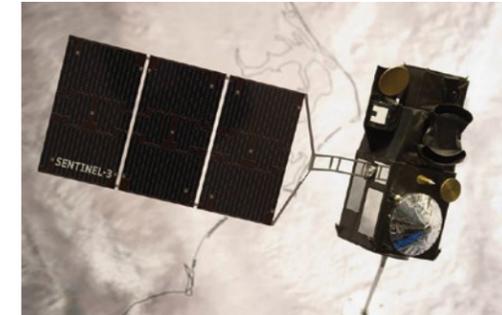


Image satellitaire du grand incendie Camp Fire en Californie

DES MISSIONS EMBLÉMATIQUES

SENTINEL-3A & 3B (LANCÉS EN 2016 & 2018)

Surveiller les océans par spectrométrie et radiométrie



Satellite Sentinel-3A lancé en 2016

La mission Sentinel-3 fait partie intégrante du programme d'observation de la Terre de l'Union européenne : Copernicus. Les deux premiers satellites ont été lancés en 2016 et 2018 et sont opérés par EUMETSAT.

En fournissant des données sur le niveau, la température ainsi que le rayonnement thermique des océans, cette mission contribue à améliorer le suivi des écosystèmes marins.

LA MISSION MICROCARB (2021)

Mesurer les échanges de CO₂



Satellite MicroCarb dont le lancement est prévu en 2021

La mission MicroCarb est un projet du CNES proposé par le COSPACE qui a pour objectif de cartographier les échanges entre les puits et les sources de CO₂.

Le satellite disposera des résolutions spatiales et temporelles requises pour mesurer à l'échelle régionale les flux totaux (naturel et anthropique) de CO₂ entre les grands réservoirs (atmosphère, glaces, terres émergées, océans). La mission permettra ainsi d'accélérer la mise en place de moyens européens de mesure du carbone depuis l'espace.

LA MISSION ADM-AEOLUS (2018)

Cartographier les vents avec la technologie laser (LIDAR)



Satellite ADM-Aeolus lancé en 2018

Lancé en 2018, ADM-Aeolus est un satellite de l'Agence Spatiale Européenne faisant partie du programme Living Planet. Sa mission est d'observer le profil des vents sur l'ensemble du globe.

Le satellite est équipé d'un laser de forte puissance (ALADIN) capable de mesurer les mouvements de particules solides et liquides situées dans l'atmosphère. Ses mesures amélioreront les prévisions météorologiques, notamment pour les latitudes tropicales et polaires.

Le développement de nouvelles capacités

Pour augmenter la précision et assurer la pérennité des modèles, de nouvelles solutions de mesures doivent régulièrement être développées. L'industrie se prépare à développer de nouveaux instruments intégrant des technologies de pointe, en partenariat avec les laboratoires de recherche de l'ONERA et du CNRS :

- **Le LIDAR à absorption différentielle** pour mesurer la quantité de CO₂ présente dans l'atmosphère et identifier plus précisément les sources et les puits d'émissions sur Terre.
- **Le gyro-accéléromètre (utilisant des atomes froids)** pour affiner la résolution des mesures des variations ultrafines du champ de gravité terrestre utilisées pour observer la fonte des glaces, le niveau des océans ou l'assèchement des terres.



÷2
des émissions de CO₂ par passager et par km en 30 ans.

La dernière génération d'avions et de moteurs consomme entre 2 litres et 3 litres aux 100 km par passager (et même moins de 2 litres pour certains d'entre eux, selon le type de vol).

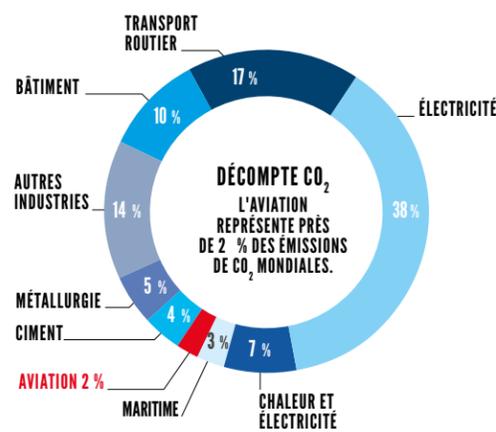
2%
des émissions mondiales de CO₂ d'origine humaine sont dues à l'aviation (1/3 pour les vols domestiques ; 2/3 pour les vols internationaux).

“ Pour relever ce défi et marquer l'histoire de l'aviation, il faut combiner leadership, stratégies, inventivité des ingénieurs et savoir-faire des techniciens. ”

André Borschberg
Pilote, entrepreneur, H55



Décarboner Le transport aérien : où en sommes-nous ?



NB : émissions de CO₂ liées à l'énergie uniquement. N'inclut pas les émissions liées aux changements de l'affectation des sols provenant de l'agriculture ou de la sylviculture qui représentent 25 % des émissions de gaz à effet de serre.

Science Magazine, Net-zero emissions energy systems, juin 2018.

Les effets non CO₂

Le transport aérien contribue à l'effet de serre principalement du fait des émissions de CO₂, mais également du fait des traînées de condensation, des cirrus induits, des émissions d'oxyde d'azote et de particules (sulfates, suies), phénomènes beaucoup plus difficiles à modéliser et générant donc de fortes incertitudes sur le bilan radiatif global de l'aérien. Des travaux de recherche ont été réalisés pour intégrer l'ensemble de ces phénomènes dans les modèles climatiques utilisés par le GIEC, dans l'objectif d'affiner et d'objectiver la contribution du transport aérien au changement climatique. Ces résultats pourront également permettre d'orienter les choix technologiques pour les prochaines générations d'aéronefs et de suivre sur le long terme l'effet des mesures de réduction de l'empreinte carbone du transport aérien.

S'ENGAGER COLLECTIVEMENT

Le transport aérien a été le premier secteur économique à s'être engagé collectivement au niveau international sur des objectifs précis en matière d'environnement :

Au niveau de l'ensemble des États

via l'OACI, l'agence spécialisée de l'ONU pour l'aviation civile :

- Un gain annuel d'efficacité énergétique de 2 %, grâce aux progrès technologiques.
- Une première norme mondiale pour les émissions de CO₂ des avions : tout avion non conforme à la norme ne sera plus autorisé à voler.
- Un objectif de stabilisation des émissions mondiales de l'aviation à partir de 2020 : pour y parvenir, les progrès technologiques et le recours accru aux carburants décarbonés sont dès 2020 complétés par un mécanisme de compensation carbone CORSIA : de mesures économiques visant à compenser les émissions du transport aérien international.

Le mécanisme de compensation carbone CORSIA : l'ensemble des États s'est engagé à assurer une croissance neutre en carbone du transport aérien à partir de 2020. Cet objectif sera atteint en partie grâce à un régime de compensation (offsets) de carbone pour l'aviation. Une mesure économique mondiale adoptée jusqu'en 2035, en attendant l'introduction de ruptures technologiques et l'utilisation massive de carburants alternatifs durables.



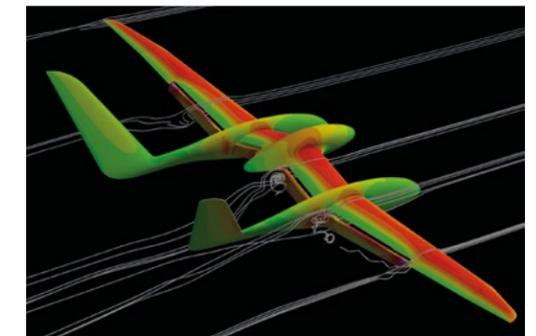
Calcul numérique et essais en soufflerie (ONERA) : des outils essentiels pour la R&D aéronautique

Au niveau des compagnies aériennes, de l'industrie manufacturière, et des aéroports

qui ont, dès 2009, proposé un objectif de long terme plus ambitieux, avec une réduction de 50 % des émissions de CO₂ en 2050 (par rapport à 2005).

La communauté du transport aérien se met ainsi en cohérence avec les objectifs de l'Accord de Paris, tout en jouant un rôle actif dans la majorité des Objectifs de Développement Durable adoptés par les Nations Unies. Cet objectif exigeant importe de mettre en œuvre de véritables ruptures technologiques, l'utilisation généralisée de carburants alternatifs durables et une gestion du trafic aérien et des opérations aéroportuaires optimisées.

L'effort majeur de R&D, qui est requis aujourd'hui, doit être continu, concerté et synchronisé. Les innovations et les ruptures technologiques dans les domaines de la propulsion, des matériaux, de l'aérodynamique, des systèmes bord, doivent impérativement être coordonnés afin de concevoir une nouvelle génération d'appareils porteurs de l'ensemble des innovations. C'est tout l'objet des travaux en France du **CORAC** (Conseil pour la Recherche Aéronautique Civile), organe de concertation État-Industrie pour la mise en place du programme de recherche de l'ensemble de la filière française. C'est également l'objet en Europe d'**ACARE** (Advisory Council for Aeronautics Research in Europe) et des programmes de recherche technologique **Clean Sky** et **SESAR**, rassemblant des milliers de chercheurs et d'ingénieurs européens mobilisés pour changer le futur de l'aviation.





Open rotor (hélice décarénée conçue au sein du programme Clean Sky)

Roulage électrique

CONCEVOIR



Concevoir l'avion du futur

“ Chez Airbus nous pensons qu'en demandant plus à nous-mêmes nous pourrions demander moins à la planète. Nous avons donc décidé d'investir massivement dans les technologies du futur pour concevoir les avions qui permettront aux nouvelles générations de continuer à voler dans le plus grand respect de l'environnement. ”

Guillaume Faury
CEO d'Airbus

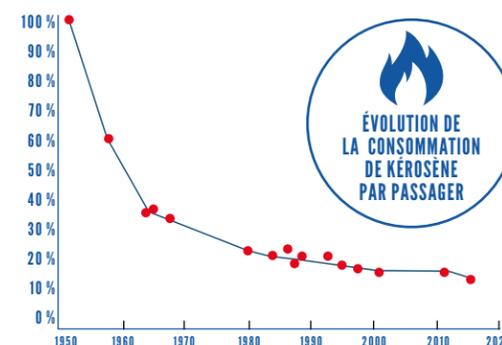
La capacité du transport aérien à répondre rapidement au défi climatique en opérant l'indispensable transition énergétique dépendra très largement de notre ambition en matière de recherche et d'innovation. En effet, la moitié des avions, et les trois-quarts des moteurs des courts courriers sont issus de nos industries françaises et européennes : c'est donc leurs performances en matière de consommation qui dessineront l'avenir d'un transport aérien décarboné.

Innover en préservant notre exigence absolue de sécurité

Les progrès constants accomplis font de l'avion le moyen de transport de loin le plus sûr. Il importe de poursuivre la réduction du taux d'accidents afin d'accompagner la croissance du trafic. Toutes les composantes du secteur aérien sont concernées : l'avion lui-même dont la conception devra intégrer cette exigence toujours plus en amont, les interfaces avec l'équipage avec une automatisation toujours

plus poussée, la gestion du trafic qui devra concilier sécurité et efficacité dans un contexte de croissance. Totalement connecté avec le monde extérieur via des liaisons haut débit, doté d'une puissance de calcul embarquée inégalée, l'avion de demain analyse en temps réel sa situation, pour plus d'efficacité et de sécurité. Les informations issues de l'ATM (Air Traffic Management), des services météorologiques et de ses propres capteurs, permettent d'optimiser les plans de vol. Le traitement de l'ensemble des données embarquées autorise une surveillance en temps réel de l'état de l'avion et une meilleure anticipation des opérations de maintenance.

VERS L'AVION ZÉRO ÉMISSION : LES GRANDES ÉTAPES D'UNE RÉVOLUTION



Projet Ottawa / Eco pulse (Daher, Safran, Airbus)



Projet Ampere : concept ONERA d'avion électrique à propulsion distribuée



H160 : réduction de consommation de 15 %

RENOUVELER LES FLOTTES :

remplacer les anciens appareils par les nouveaux modèles dont la consommation par passager et par km a été divisée par 5 en 60 ans grâce aux technologies moteurs, à l'allègement des aéronefs, à une aérodynamique optimisée, etc.

DÉVELOPPER L'ÉLECTRIFICATION

entamée sur les systèmes bord (freinage, conditionnement d'air, etc.), généraliser le « roulage électrique » (trains d'atterrissage équipés de moteurs électriques évitant de faire fonctionner les moteurs de l'avion) tout en poursuivant la réduction de consommation des moteurs thermiques.

CONCEVOIR DES AVIONS À PROPULSION HYBRIDE/ÉLECTRIQUE :

dans une première étape, cela concernera les nouveaux usages (taxi volants, drones) et l'aviation de loisirs. Dans un second temps ces technologies pourront s'appliquer aux appareils destinés aux liaisons régionales.

Les barrières technologiques pour des avions décarbonés de plus de 50 places

“ Même en multipliant par 5 les performances des meilleures batteries actuelles, il faudrait embarquer 170 tonnes de batteries pour faire voler un A320 dont la masse maximale est de 80 tonnes. ”

Stéphane Cueille, CTO de Safran



POUR UN TRANSPORT DE MASSE PRESQUE OU ENTIÈREMENT DÉCARBONÉ,

il faut se tourner du côté des énergies alternatives : biomasse, carburants de synthèse ou carburants cryogéniques (dont l'hydrogène). Ceci implique dans la plupart des cas de concevoir de nouvelles architectures, de nouvelles motorisations : les feuilles de route de la recherche aéronautique visent aujourd'hui à accélérer les jalons et la maturité des briques technologiques envisagées. Fiabilisées et certifiées, elles donneront des solutions immédiatement intégrées dans des aéronefs de tailles croissantes. Cette démarche ambitieuse progressera rapidement et mobilisera aussi la recherche pour franchir des verrous technologiques importants.

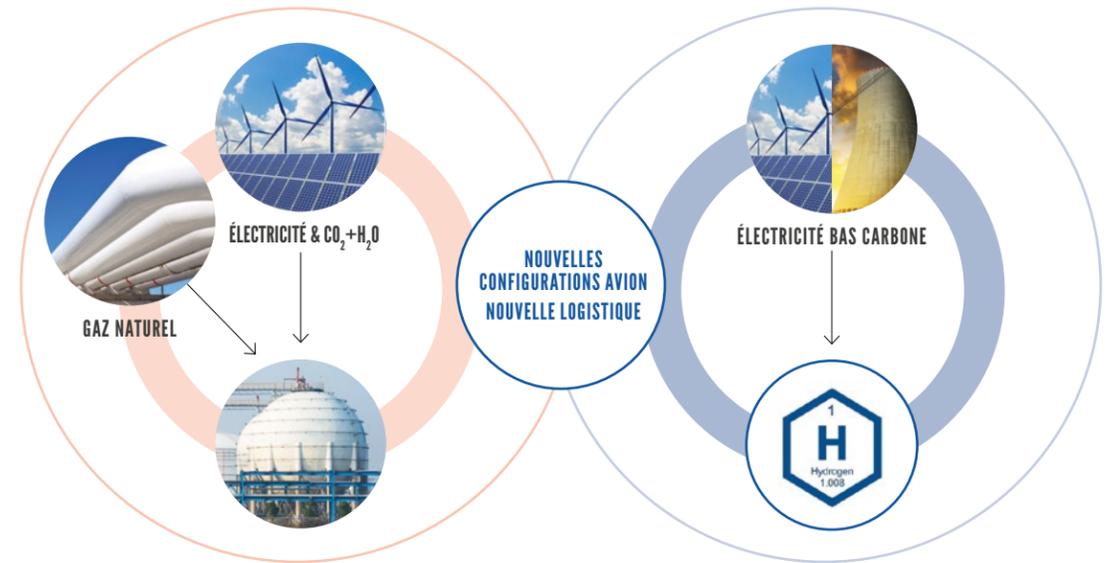
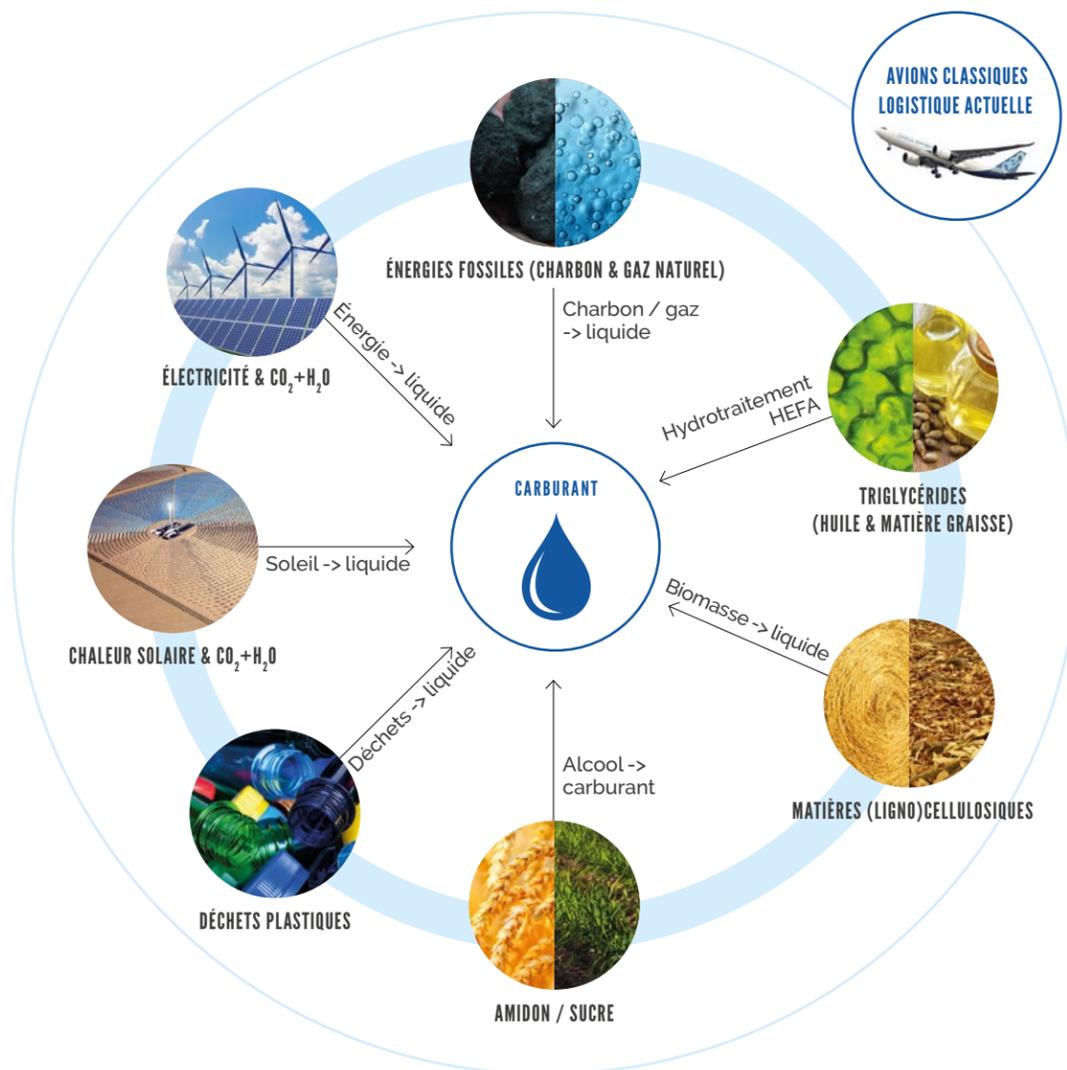


Développer les carburants bas carbone

Jusqu'à 60% à 80%
de gains en CO₂
grâce aux biocarburants durables.

2%
Objectif en 2025 :
premier objectif de substitution par des carburants durables à hauteur de 2% du carburant total utilisé en 2025.

L'aéronautique revendique une approche globale prenant en compte le cycle de vie complet des carburants « du puits jusqu'à la combustion » en tenant compte des émissions résultant de la production, de la distribution et de la combustion des carburants. Plusieurs solutions sont explorées pour réduire l'empreinte carbone de l'aviation.



LES CARBURANTS ISSUS DE LA BIOMASSE :

Cinq filières de biocarburant sont déjà certifiées et une vingtaine de filières supplémentaires sont en cours de certification. Ces biocarburants peuvent d'ores et déjà être utilisés pour des vols commerciaux de façon totalement transparente en raison notamment de leur caractère fongible (« drop-in ») à des taux d'incorporation pouvant aller jusqu'à 50 %.

Des processus de certification environnementale ont été mis en place au niveau international et mis en application au sein de l'OACI. L'enjeu est maintenant d'assurer la durabilité de ces filières (notamment leur impact sur l'usage des sols et la biodiversité) et de les déployer à grande échelle.

À noter que pendant sa croissance, la biomasse capte le CO₂ de l'air. Les carburants issus de la biomasse permettent donc de réduire ces émissions sur l'ensemble de leur cycle de vie.

LES CARBURANTS DE SYNTHÈSE ISSUS DE L'ÉLECTRICITÉ

Les filières de production de carburants liquides à partir d'électricité, appelées « Power-to-Liquid » utilisent l'électricité pour produire de l'hydrogène et du CO issu du CO₂ (capté dans l'atmosphère ou les effluents industriels). L'hydrogène et le CO sont ensuite utilisés dans des procédés de synthèse de carburants liquides « drop-in ». Ces procédés présentent de multiples avantages en termes de durabilité et de disponibilité, mais plusieurs verrous technologiques restent à lever pour concrétiser leur potentiel :

- Une électricité renouvelable ayant une faible empreinte environnementale tout au long du cycle de production / distribution.
- Des sources de CO₂ (par captation dans l'air, dans les effluents...) accessibles et abondantes.
- Des méthodes efficaces de production (procédés d'hydrolyse) de l'hydrogène.

LES CARBURANTS CRYOGÉNIQUES

Sont dits « cryogéniques » les carburants nécessitant, pour rester liquides, d'être stockés à très basse température. Les principaux sont le Gaz Naturel Liquéfié constitué principalement de méthane (CH₄ ; Tliq : - 162°C) et l'hydrogène liquide (H₂ ; Tliq : - 253°C). Ils présentent une teneur en carbone faible ou nulle, permettant une diminution importante des émissions de CO₂ lors de leur combustion. Stockés sous forme liquide à très basse température (stockage cryogénique), ils pourraient constituer une alternative crédible aux carburants « drop in ». L'empreinte écologique des filières de carburants cryogéniques renouvelables, reste cependant à évaluer sur l'ensemble du cycle de vie (production, distribution, combustion).

Les gains potentiels à l'usage de ces carburants sont nombreux :

- La combustion du **gaz naturel** permet de réduire de plus de 20 % les émissions de CO₂ en sortie moteur et ne génère que de faibles émissions polluantes (particules par exemple).
- L'intérêt de l'**hydrogène liquide** résulte dans sa combustion qui n'émet pas du tout de CO₂ en sortie de turbine. Sa densité d'énergie par unité de masse est en outre 3 fois supérieure à celle des hydrocarbures.

La propulsion cryogénique présente cependant plusieurs verrous technologiques et opérationnels :

- Le développement et le déploiement de solutions de stockage, de transport et de distribution au sol ou à bord.
- Le niveau de sécurité, qui imposera de nouvelles règles de conception s'appuyant sur ce qui se fait dans le secteur spatial ou la chimie.



Pour un transport aérien durable

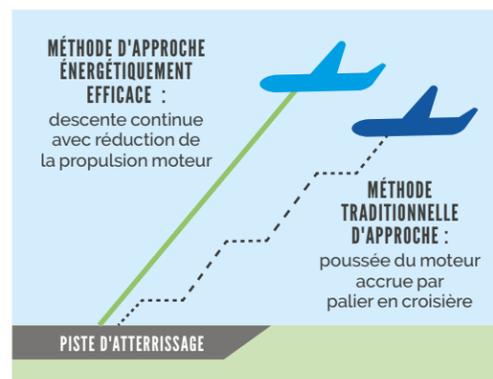
AMÉLIORER LA GESTION DU TRAFIC AÉRIEN ET OPTIMISER LES OPÉRATIONS ET LES INFRASTRUCTURES

En parallèle des évolutions technologiques qui permettront une véritable transition énergétique du transport aérien, il est possible de réduire de 10 à 15 % la consommation de carburant et donc les émissions de CO₂, en améliorant la gestion du trafic aérien.

La gestion du trafic aérien évolue vers une approche globale collaborative fondée sur la notion de « trajectoire optimale ». L'optimisation des routes des avions contribuera à économiser du carburant, en réalisant des trajectoires plus directes d'un point à un autre, en réduisant les temps d'attente avant l'atterrissage, en adoptant un mode d'approche en descente continue, sans palier. Grâce aux moyens satellitaires offrant des capacités de géolocalisation très précises et fiables, les procédures d'approche permettront des progrès significatifs en matière de consommation mais également de bruit.

Ces évolutions impliquent des progrès de des systèmes d'aviation qui constituent l'intelligence des aéronefs et permettent d'optimiser les opérations en termes de performances, coûts, disponibilités des appareils, etc.

Enfin, les procédures adoptées par les aéroports permettront d'évoluer vers **plus de sobriété**, quels que soient les choix opérés en termes de sources d'énergie : gestion locale optimisée des départs, procédures d'aide à la circulation et au guidage, mise en œuvre de l'éco-roulage.



Un transport aérien durable se construira grâce à la convergence des efforts de tous : chercheurs, industriels, opérateurs, acteurs institutionnels concernés sont d'ores et déjà activement mobilisés. Les voies de recherche sont multiples, souvent à explorer en parallèle : intensifier les efforts pour réduire encore la consommation, développer l'emploi des carburants alternatifs, concevoir des architectures adaptées à d'autres modes de propulsion, électriques ou cryogéniques.



Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales (GIFAS)

Le GIFAS est une fédération professionnelle qui regroupe 400 sociétés – depuis les grands maîtres d'œuvre et systémiers jusqu'aux PME. Elles constituent une filière cohérente, solidaire et dynamique de haute technologie spécialisée dans l'étude, le développement, la réalisation, la commercialisation et la maintenance de tous programmes et matériels aéronautiques et spatiaux, civils et militaires : avions, hélicoptères, moteurs, drones, engins et missiles, satellites et les lanceurs spatiaux, grands systèmes et équipements, systèmes de défense et de sécurité, sous-ensembles et logiciels associés.



Conseil pour la Recherche Aéronautique Civile (CORAC)

Une dynamique nouvelle s'est engagée en France avec la création en 2008 du CORAC qui rassemble les industriels constructeurs, les compagnies aériennes (Air France et FNAM), les aéroports (Groupe ADP et UAF), la DGAC, le GIFAS, l'ONERA et les ministères concernés. Son rôle est de définir et de mettre en œuvre des actions de recherche et d'innovation technologiques, afin d'atteindre les objectifs environnementaux tout en renforçant la compétitivité du secteur.



Comité de concertation État-Industrie sur l'espace (COSPACE)

Mis en place par le gouvernement français en 2013, ce comité regroupe tous les acteurs de la filière : CNES, ministères concernés, communauté scientifique, industriels du GIFAS – des maîtres d'œuvre aux PME – et opérateurs. L'objectif est de développer pleinement l'ensemble des capacités d'un secteur d'excellence de l'industrie française et de renforcer la compétitivité de la filière spatiale.



Clean Sky

Clean Sky est le plus grand programme de recherche européen qui développe une technologie innovante et de pointe visant à réduire les émissions de CO₂ de gaz et de bruit produits par les avions. Financé par le programme cadre de recherche européen, Clean Sky contribue à renforcer la collaboration, le leadership mondial et la compétitivité de l'industrie aéronautique européenne.



SESAR

Le programme SESAR, volet technologique de la construction du Ciel unique européen, a pour objectif de moderniser le système de gestion du trafic aérien (ATM) européen en développant de nouveaux concepts opérationnels dans un environnement technologique de nouvelle génération aux standards harmonisés.

Crédits photos :

ECMWF, Copernicus Climate Change Service, © ESA 2018, © CNES, © Météo France / CNRS, Shutterstock, © ONERA, © Airbus, © Safran, © Snecma, Spotter-Aviation-Pibracais, Eric Drouin, CORAC-Airbus Hélicoptères

Réalisation : Hopscotch - juin 2019

Direction éditoriale : GIFAS / Direction R&D, Espace et Environnement



GIFAS

**GIFAS, Groupement des Industries Françaises
Aéronautiques et Spatiales**

8, rue Galilée, 75116 PARIS
+33 (0)1 44 43 17 00 - www.gifas.fr



[twitter.com/@GifasOfficiel](https://twitter.com/GifasOfficiel)



www.facebook.com/GifasOfficiel/



www.linkedin.com/company/gifas



www.dailymotion.com/GIFAS-Officiel