

---

# InFlight

---

Magazine Liebherr-Aerospace

2021 / 2022

**LIEBHERR**





Nicolas Bonleux, Francis Carla, Alex Vlielanders, Martin Wandel, François Lehmann (de gauche à droite)

# Cher lecteur,

À mesure que le monde émerge de la pandémie, nos industries aéronautique et ferroviaire montrent des signes de rétablissement. Même si le rythme de l'amélioration varie en fonction de chaque région du monde et de chaque pays, il est indiscutable que tous les signaux convergent : les fondamentaux de nos deux industries témoignent d'une grande robustesse sur le long terme, à condition que nous relevions collectivement les défis auxquels nous sommes confrontés : protection de notre santé, respect de notre environnement, primauté de la qualité, compétitivité.

Nous sommes confiants sur la capacité de notre entreprise à pleinement jouer son rôle dans cette perspective, et à apporter toute sa contribution au redémarrage qui s'annonce.

Grâce à l'engagement remarquable de nos équipes dans le monde entier, nous avons été en mesure de protéger la santé et la sécurité de nos collaborateurs autant que cela a été possible, tout en continuant à soutenir nos clients et nos partenaires. Nous avons dû ajuster nos plans pour traverser les turbulences ; nous préparons désormais le retour progressif au mode de fonctionnement pré-pandémie. Dans cette optique nous accorderons une attention particulière à notre chaîne mondiale d'approvisionnement, à laquelle nous apporterons l'appui nécessaire pour qu'elle puisse soutenir la croissance à venir.

Par ailleurs, cette crise nous offre l'occasion d'accentuer notre contribution à un monde plus viable, grâce à une aviation et à un transport ferroviaire plus soutenables. Elle nous permet notamment d'accélérer le déploiement de technologies plus frugales et décarbonées.

Nous avons toujours accordé la priorité au développement sur le long terme, et nous continuerons à apporter notre pleine contribution à l'avenir du transport ferroviaire et du transport aérien à travers notre excellence opérationnelle, nos technologies avancées et nos équipes présentes dans le monde entier. Notre entreprise a à la fois montré une grande résilience dans la gestion de cette crise sans précédent, et poursuivi la préparation d'un avenir solide.

Nous formons les plus grands vœux de succès pour nos clients dans ce contexte de reprise d'activité, et remercions nos collaborateurs et nos partenaires pour la réussite collective qu'a constituée la traversée de cette crise.

Nous vous souhaitons une agréable lecture, au cours de laquelle vous trouverez plusieurs exemples des nombreuses réalisations qui ont jalonné les efforts de nos équipes ces derniers mois, ainsi qu'un aperçu inédit du potentiel de nos technologies.

Avec toute notre considération,



**Nicolas Bonleux**  
Chief Commercial Officer



**Francis Carla**  
Chief Technology Officer



**François Lehmann**  
Chief Financial Officer



**Alex Vlieland**  
Chief Services Officer



**Martin Wandel**  
Chief Operating Officer

# Contenu

## Impressions

**Instants ..... 6**  
Un œil dans les coulisses du monde fascinant des technologies de l'industrie aéronautique

## Regard sur l'industrie

**L'effet pandémie ..... 14**  
La reprise après la pandémie de COVID-19 est une bataille difficile

**Premier évènement digital pour les fournisseurs..... 16**  
En raison de la pandémie de COVID-19, l'évènement a eu lieu pour la première de façon digitale

**Créer de la valeur à partir des données ..... 17**  
Les initiatives pour faire avancer la transformation numérique sont une priorité chez Liebherr-Aerospace

**Une coopération étroite entre les sites de production de Liebherr .... 18**  
Quand la collaboration permet de diviser les tâches et de multiplier les résultats

## Recherche et développement

**Des nouvelles du programme Clean Sky ..... 22**  
Liebherr est un partenaire majeur du programme Clean Sky et mène des recherches sur plusieurs fronts

## Focus international

**Compétitivité renforcée ..... 26**  
Liebherr-Aerospace Brasil franchit une nouvelle étape dans son développement

**Des délégués de l'ambassade d'Allemagne en visite chez Liebherr-Singapour ..... 27**  
Présentation du large éventail de capacités de service

**Efficacité globale avec une touche locale..... 28**  
Le bureau au Canada couvre un large éventail d'activités

## Programmes et contrats

**Premier vol du Falcon 6X ..... 32**  
Un vol inaugural avec la technologie Liebherr à bord

**Présentation du nouvel avion d'affaires Falcon 10X de Dassault ..... 33**  
Liebherr fournira des systèmes et composants majeurs pour ce programme

**Première livraison d'une électronique autonome..... 34**  
Une étape majeure avec Boeing

**Performances exceptionnelles ..... 37**  
Liebherr-Aerospace a été distinguée par COMAC et Embraer

**Le plus gros moteur d'avion du monde ..... 38**  
Co-développement d'un composant clé pour l'UltraFan® de Rolls-Royce



Cher lecteur,  
Ce magazine étant réversible,  
veuillez le retourner pour lire OnTrack,  
le magazine de Liebherr-Transportation Systems.

Aussi en ligne :  
InFlight est également disponible (lecture  
et téléchargement) sur liebherr.com.



## Service client

### Innovation dans la maintenance, la réparation et les opérations ..... 42

La numérisation contribue à  
réduire les coûts et l'impact  
environnemental

### Trois contrats de révision majeurs ..... 44

Liebherr-Aerospace a conclu des  
partenariats avec trois compagnies  
aériennes pour effectuer des  
révisions

### Plus de 20.000 réparations en Chine ..... 45

Liebherr accroît ses activités en Chine

## Notre communauté

### Maintenir dans les airs un symbole de l'histoire de l'aviation ..... 48

Liebherr-Aerospace à Saline  
apporte son support au Yankee  
Air Museum

### Initiatives environnementales pour un avenir plus vert ..... 50

Liebherr-Aerospace Toulouse  
passe à l'action

### Entraide au sein de Liebherr ..... 51

Echanges entre les sites  
de production Liebherr

## Participation aux programmes

De A à V ..... 52

## Technologies futures

### L'avenir du transport ..... 60

Liebherr développe actuellement  
les technologies qui permettront  
aux véhicules de demain de mener  
à bien leur mission – un aperçu

### Des étapes innovantes vers la mobilité hydrogène ..... 66

L'engagement à développer des  
technologies pour la mobilité verte  
même au-delà de l'industrie  
aéronautique

## Le monde avec Liebherr

Retrouvez plus d'actualités Liebherr  
dans le chapitre publié dans l'autre  
moitié de ce magazine réversible



# Impressions

## Précision du laser

Liebherr-Aerospace utilise une technologie laser de pointe pour fabriquer des pièces de haute précision. Cette technologie est si flexible qu'elle permet des procédés de fabrication variés, tels que le marquage, le soudage, la découpe, et ce pour plusieurs matériaux, comme les métaux et la céramique. La densité de puissance est 300 fois supérieure à celle de la foudre. Elle est si élevée que les matériaux s'évaporent rapidement. Le laser de traitement des matériaux est utilisé pour créer des trous et des contours de haute précision nécessaires à la fabrication de composants de commandes de vol.









## Rien ne fonctionne sans pression

Plusieurs freins à dépression sont connectés à un réservoir basse pression afin de détecter d'éventuelles fuites. Chaque frein se compose de 45 pièces individuelles qui sont assemblées manuellement chez Liebherr-Aerospace à Lindenberg (Allemagne). Le composant fait partie de l'unité de génération de puissance des systèmes de becs et de volets à bord d'un avion moyen-courrier. Il s'agit d'un frein spécial : contrairement à ce qui se passe, par exemple, dans une voiture ou sur un vélo, on n'obtient aucun effet de freinage en l'actionnant. Le frein ne s'actionne que lorsqu'il n'y a plus de pression.





## Tenir l'équilibre

Les roues de compresseur et de turbine sont des pièces clés des turbomachines utilisées dans les packs de conditionnement d'air des avions. Dans le processus de refroidissement par cycle à air, elles assurent les étapes de compression et de détente. Ces roues tournent à très haute vitesse, de 30 000 à 85 000 tr/min selon leur application. Elles nécessitent donc un usinage et un équilibrage de très grande précision.

# Regard sur l'industrie

---

Un robot change d'outil pendant le processus de fabrication d'un train d'atterrissage. Le magasin à outils de la machine peut comporter jusqu'à 250 compartiments.

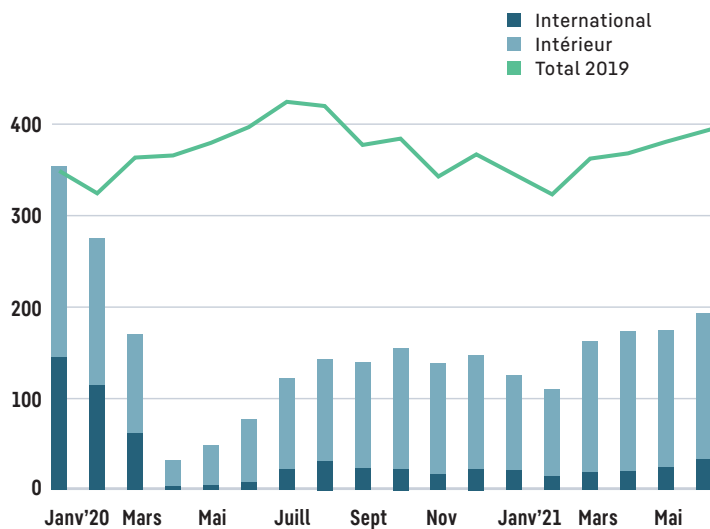


# L'effet pandémie

La pandémie de COVID-19 a entraîné un changement si brutal de la demande de voyages que l'on ne sait toujours pas si la demande dans le transport aérien retrouvera un jour les niveaux antérieurs à la pandémie. Même si le secteur parvient à se relever complètement, ce sera au prix d'une rude bataille. En fait, McKinsey & Company et d'autres cabinets de conseil prédisent que le trafic aérien ne retrouvera pas les niveaux de 2019 avant 2024.

Contrairement à toutes les crises financières précédentes, cette crise sanitaire a réellement modifié les comportements des consommateurs, peut-être de manière définitive. Les voyages d'affaires ont connu un coup d'arrêt brutal et les réunions virtuelles ont modifié la demande de voyages d'affaires.

Les voyages d'agrément, quant à eux, ont lentement commencé à reprendre avec la levée des mesures de confinement et la progression de la vaccination. Toutefois, il est trop tôt pour juger si et quand le nombre de passagers retrouvera son niveau d'avant la pandémie.



Perte de 4,8 millions d'emplois directs dans l'aviation (compagnies aériennes, aéroports, fabricants, et gestion du trafic aérien) – une réduction de 43 % par rapport à la situation pré-COVID.

Source : <https://airlines.iata.org/news>

Les constructeurs d'avions et leurs fournisseurs seront probablement incités à poursuivre le développement de politiques industrielles visant à favoriser les sources de carburant alternatives, contribuant ainsi à l'accélération du développement d'avions à faibles émissions de CO<sub>2</sub> ou plus écologiques.

La clé de la survie du secteur sera d'accepter ces changements inévitables et de saisir les nouvelles opportunités qui font suite à la pandémie, comme le développement croissant de technologies plus écologiques et d'outils numériques innovants pour garantir la sécurité sanitaire des voyageurs. La pandémie ne peut pas être simplement effacée ou oubliée, et ce seront les entreprises qui s'adapteront à la nouvelle donne mondiale qui réussiront le mieux.



# Impact du COVID-19 sur le trafic passagers régulier mondial selon l'IATA

en 2020

(résultats estimés), par rapport aux niveaux de 2019

**50 %**

Réduction globale des sièges offerts par les compagnies aériennes

**60 %**

Réduction globale du nombre de passagers

**371 milliards \$**

Perte de revenu brut d'exploitation pour les compagnies aériennes

en 2021

(résultats estimés), par rapport aux niveaux de 2019

**35 % à 38 %**

Réduction globale des sièges offerts par les compagnies aériennes

**43 % à 48 %**

Réduction globale du nombre de passagers

**286-371 milliards \$**

Perte de revenu brut d'exploitation pour les compagnies aériennes



# Premier évènement digital pour les fournisseurs

Le marché mondial de l'aéronautique a été confronté à des changements drastiques suite à la pandémie de COVID-19. Avec les confinements et les interdictions de voyager en vigueur dans le monde entier, Liebherr est rapidement devenu expert du travail à distance, qui permet d'assurer la sécurité de tous les employés, clients et partenaires par la distanciation sociale. Malgré cette crise universelle, Liebherr reste pleinement déterminé à développer et à entretenir des relations de confiance à long terme avec ses fournisseurs. C'est pourquoi, le 17 mars 2021, l'entreprise a organisé un évènement digital réunissant environ 400 de nos fournisseurs dans le monde. Par le passé, la conférence s'était tenue en présentiel sur les sites de Toulouse (France) et de Lindenberg (Allemagne).

« Le passage au digital a été un grand succès avec un niveau élevé de participation et d'engagement, car nos partenaires étaient désireux d'obtenir des informations sur le secteur en cette période difficile », déclare François

Lehmann, directeur général et directeur financier de Liebherr-Aerospace & Transportation SAS. « La plateforme s'est avérée efficace pour partager des idées stratégiques à court et à long terme qui permettront aux acteurs de l'écosystème aéronautique de revenir plus forts, avec des performances améliorées et des produits de haute qualité. »

Il a en outre souligné le niveau de coopération, de résilience et de flexibilité dont ont fait preuve tous les fournisseurs et a expliqué qu'avec ses partenaires, Liebherr serait en mesure d'apporter une contribution significative à l'aviation durable. L'entreprise accélérera le déploiement de modèles d'avions haute efficacité, dotés de technologies modernes et émettant moins de CO<sub>2</sub>. Pour atteindre ces objectifs, une chaîne d'approvisionnement efficace caractérisée par la compétitivité, des performances exceptionnelles, une grande agilité, ainsi que des capacités d'innovation, est essentielle.



Silence... on tourne ! Préparation de notre journée numérique des fournisseurs.



# Créer de la valeur à partir des données

Nourrir l'innovation a toujours été et continuera d'être une priorité absolue chez Liebherr. La division Aerospace and Transportation a lancé une initiative de transformation numérique pour continuer à mettre la technologie au service de la croissance de la division. Les initiatives de l'entreprise sont intimement liées aux questions suivantes : « Comment cette innovation nous aidera-t-elle à tenir la promesse de fournir des produits et des services de haute qualité à nos clients ? Qu'est-ce qui apportera la plus grande valeur aux clients ? »

Au fil des ans, Liebherr a investi dans des technologies novatrices afin d'améliorer encore ses compétences dans quelques domaines stratégiques clés. Sa transformation numérique s'articule autour des pôles suivants :

## Transformation numérique



## Approche de gouvernance des données

Ils sont cruciaux pour transformer la manière dont l'entreprise travaille aujourd'hui afin d'accroître son efficacité et de créer une valeur ajoutée pour les clients.

Le premier projet, et peut-être le plus ambitieux, est le « **Model Based Enterprise** » (MBE). Ce projet vise à mettre en œuvre la continuité numérique et l'approche basée sur les modèles pour toutes les gammes de produits de la division. Le projet créera une nouvelle façon de travailler, du développement des produits à la fabrication et au support client. Plusieurs initiatives ont déjà été lancées, comme le projet « 3D Master Product », qui utilise des modèles 3D pour piloter l'usinage et inspecter les pièces.

En ce qui concerne les **opérations numériques intelligentes**, diverses innovations ont été lancées tant du côté OE que du côté MRO chez Liebherr-Aerospace. Un exemple récent est la technologie de support à distance qui vient virtuellement en aide aux équipes. Cette technologie a été testée sur les sites de Singapour et de Shanghai. De plus, Liebherr évalue la mise en œuvre d'un système de pilotage de la production (MES) pour numériser et interconnecter plusieurs fonctionnalités dans l'atelier.

Une nouvelle interface clients a été lancée en mai 2021 dans le cadre du projet « **Plateforme de service client** » et les premiers services sont disponibles via une interface Web. Grâce à cette plateforme, chaque client peut

consulter le statut des ordres de réparation, demander une assistance technique ou télécharger le manuel de maintenance des composants à partir de son compte. D'autres services sont en cours de développement, notamment les achats en ligne.

Afin de soutenir le développement de la solution **Liebherr Analytics**, une plateforme de données hébergée par Liebherr-IT Services a été mise en place pour stocker les données des compagnies aériennes sur les produits de Liebherr-Aerospace. Ces données sont traitées avec des algorithmes développés par le data lab de Liebherr en coordination avec les services d'ingénierie de Liebherr-Aerospace afin de surveiller et d'anticiper les défaillances des systèmes et des composants. Cela permet à l'entreprise de fournir de manière proactive de meilleurs services aux clients. Cette plateforme de données, appelée « Artic », est opérationnelle depuis début 2021.

Enfin, en collaboration avec Liebherr-IT Services, le programme « Bureau numérique » vise à développer plusieurs outils plus efficaces facilitant la collaboration et le partage des connaissances.

Ces cinq piliers seront soutenus par une solide approche transverse de **gouvernance des données**, conciliant les promesses des dernières innovations en matière de valorisation des données avec les défis clés de la protection des données en matière d'éthique, d'engagements et de réglementation.

Au fil des ans, Liebherr a investi dans des technologies conventionnelles et novatrices pour renforcer ses compétences dans ces domaines stratégiques clés. L'entreprise s'efforce de trouver l'équilibre parfait entre des interactions humaines fortes et personnelles et une expérience numérique fluide du parcours client pour accroître l'efficacité et la qualité des services fournis. L'objectif est d'augmenter les expériences positives des clients et des employés grâce à la numérisation, et non de remplacer les interactions humaines. Associer une technologie de pointe et des processus efficaces à un personnel hautement qualifié et attentif au client permettra de continuer à satisfaire les clients.

# Une coopération étroite entre les sites de production Liebherr

« La collaboration permet de diviser les tâches et de multiplier les résultats » : voilà une devise à laquelle Liebherr souscrit pleinement. À première vue, les divisions Aerospace et Gear Technology ne semblent pas avoir grand-chose en commun. Mais en y regardant de plus près, la précision requise pour la fabrication des engrenages répond parfaitement aux exigences strictes de l'industrie aéronautique.



Préparation au transport : la nouvelle machine à rectifier les engrenages LGG 280 s'apprête à rejoindre sa destination

La culture de la coopération est la clé de voûte de la croissance et de la réussite. Le fait d'être une entreprise mondiale et diversifiée est un avantage majeur : le groupe Liebherr peut tirer parti des connaissances et des ressources d'un secteur (et d'un site) pour les utiliser dans un autre. C'est dans cet esprit que Liebherr-Aerospace Friedrichshafen (Allemagne) et Liebherr-Verzahntechnik Kempten (Allemagne) ont uni leurs forces et mis en commun leur expertise en tant que leaders dans la fabrication de boîtes de transmission et de machines-outils. Ensemble, ils ont adapté la nouvelle machine à rectifier les engrenages LGG 280, désormais capable de rectifier de très petits composants de haute qualité répondant aux exigences de haute précision de l'aéronautique.

Cette machine de nouvelle génération rectifie tous les engrenages jusqu'à 280 mm de diamètre. En outre, les pièces peuvent être usinées jusqu'à 650 mm de longueur. La machine combine des temps de rectification courts avec une qualité élevée constante et des opérations haut volume.

Cette coopération exige une attention toute particulière de la part des équipes Liebherr, réparties sur différents sites et avec différentes compétences. Elle est le résultat d'un long processus. Par exemple, les meules de la machine, appelées meules CBN, sont un élément important de l'ensemble et elles sont fabriquées au sein du groupe Liebherr sur un autre site encore, dans l'usine d'Ettlingen, à environ 260 km au nord de Friedrichshafen.



La machine LGG 280 à destination dans l'atelier de production de Liebherr-Aerospace à Friedrichshafen

La machine LGG 280 fabrique désormais des engrenages planétaires, également appelés engrenages épicycloïdaux, qui conviennent parfaitement à différentes applications aéronautiques grâce à la grande qualité de leur denture et de leur surface.

Autre exemple extraordinaire de coopération, la machine haute capacité développée conjointement par les équipes de Liebherr-Verzahntechnik et Liebherr-Aerospace Toulouse SAS (France). Le nouveau centre d'usinage à cinq axes équipé d'un système de chargement rotatif a été installé dans les locaux de Liebherr-Aerospace à Campsas (France). Il est doté d'un magasin d'outils à six roues, qui contient 363 outils de coupe. Il est équipé d'une broche de fraisage de 52 kW/430 Nm qui peut tourner à 12 000 tr/min. En outre, un pack de connecteurs IoT permet de surveiller l'équipement en temps réel et d'en assurer la maintenance à distance. Le système de chargement rotatif peut soulever jusqu'à 1,5 tonne, stocke jusqu'à quinze outillages dans sa cellule et garantit l'autonomie ainsi que la flexibilité de la production grâce à différents modes de contrôle.

L'ensemble du groupe Liebherr bénéficie grandement de cet échange interne de savoir-faire. L'intégration des nouvelles machines à la ligne de production aéronautique est un bon exemple des synergies réalisées grâce aux capacités diversifiées de l'entreprise et aux gains d'efficacité obtenus par le transfert de connaissances interne. Des conditions optimales ont été établies pour répondre aux exigences uniques des clients du secteur de l'aviation.



Un co-développement Liebherr : le nouveau centre d'usinage à cinq axes équipé d'un système de chargement rotatif chez Liebherr-Aerospace à Campsas



# Recherche et développe- ment

---

Liebherr mène des recherches dans le cadre du programme Clean Sky. Ce banc d'essai ESTER pour train d'atterrissage en fait partie.



# Des nouvelles du programme Clean Sky

Malgré les nombreux nouveaux défis liés à la pandémie de coronavirus, l'Union européenne a terminé l'année 2020 avec un bilan et des perspectives très positifs pour son ambitieux programme visant à rendre le transport aérien plus propre, plus sûr et plus efficace : l'initiative technologique conjointe Clean Sky. Dans le cadre du programme Horizon 2020 de l'UE, et conformément au Pacte vert pour l'Europe, Clean Sky vise à atteindre d'ici 2024 des réductions de 20 à 30 % des émissions de CO<sub>2</sub>/NOx et de bruit par rapport aux avions actuels les plus performants. Liebherr-Aerospace, l'un des principaux fournisseurs de systèmes pour l'industrie aéronautique depuis plus de six décennies, mène des recherches dans plusieurs domaines dans le cadre de Clean Sky :

## Système de conditionnement d'air électrique (eECS)

La prochaine génération de système de conditionnement d'air électrique (eECS) pour les avions commerciaux a pour vocation de fournir une alimentation en air fiable et sûre, ainsi que d'assurer un contrôle thermique et une pressurisation de la cabine optimisée, pour l'équipage comme pour les passagers. Le concept développé par l'équipe de Liebherr-Aerospace à Toulouse (France) utilise l'air extérieur à l'avion (nommé air ambiant) et le traite à la fois pour assurer la pressurisation et la climatisation, réduisant ainsi la consommation de carburant et les émissions, ce qui en améliore significativement l'efficacité économique.

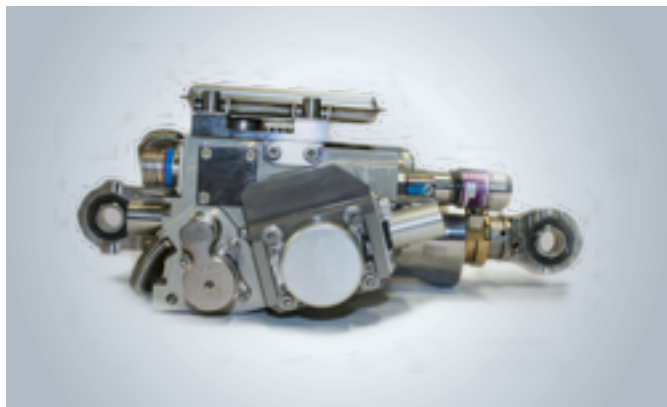
## Démonstrateur intégré d'aile intelligente

Le démonstrateur intégré d'aile intelligente se trouve sur le site allemand de Liebherr-Aerospace à Lindenberg et sert à tester un certain nombre de technologies innovantes qui contribuent à un ciel plus propre. Le démonstrateur s'appuie sur un système de contrôle universel, capable d'intégrer toutes les fonctions de commande de vol via un réseau numérique décentralisé. Ce réseau peut très facilement accueillir tout nouvel équipement en garantissant les niveaux de sécurité et de redondance requis dans les systèmes aéronautiques critiques.

Le démonstrateur comprend des boîtiers électroniques déportés et des commandes de vol de dernière génération, intégrant des servocommandes électro-hydrauliques,



électro-mécaniques et électro-hydrauliques. Ces actionneurs peuvent être utilisés ensemble ou séparément pour tester le fonctionnement de divers niveaux de commandes dans le réseau. On estime que le concept de réseau



Actionneur de commandes de vol avec boîtier électronique déporté

permet d'économiser environ 200 kg de masse sur un avion de grande taille, ce qui se traduit par une réduction directe des émissions à chaque vol.

D'autres développements sont en cours concernant les technologies de distribution et d'alimentation électriques. Du courant continu haute tension alimentera les fonctions d'actionnement électrique de manière décentralisée. Le nouveau distributeur hydraulique Liebherr sera intégré en 2021. Capable de fournir localement et efficacement de l'énergie hydraulique à un certain nombre d'actionneurs hydrauliques, il sera alimenté uniquement par l'énergie électrique de l'avion. La plateforme d'aile intelligente intégrée est un excellent moyen de poursuivre le développement d'un large éventail de technologies pour les futurs avions tout en montrant aux clients de Liebherr à quoi pourraient ressembler leurs systèmes à l'avenir.

## ESTER

Liebherr est un acteur majeur dans le domaine de la structure et des systèmes d'actionnement des trains d'atterrissage. Depuis quelques années, l'entreprise travaille assidûment sur des concepts rendant les trains d'atterrissage indépendants d'un système hydraulique central, qui ne sera plus présent dans les futures architectures d'avions plus électriques. Le train d'atterrissage

avant représente un défi particulier étant donné le nombre de fonctions qui doivent être exécutées simultanément, comme l'actionnement du train et des portes, le déverrouillage, la direction et la protection contre le shimmy.

Le système électro-hydraulique de direction, d'extension et de rétraction (ESTER) a été conçu pour relever ces défis et fournit une puissance hydraulique locale pour garantir le bon fonctionnement de l'équipement. ESTER s'appuie sur la technologie d'actionnement électro-hydraulique, que Liebherr maîtrise déjà dans les systèmes de commande de vol.

D'autres aspects soulevés par cette technologie ont été identifiés et traités tels sa contrôlabilité, sa gestion thermique, sa maintenabilité et l'intégration de l'équipement dans le train d'atterrissage lui-même. Ils ont tous été démontrés à travers le succès du test de maturité technique de niveau 6. Des tests de performance, de maintenabilité et d'environnement ont été réalisés et un démonstrateur de faisabilité est disponible pour des tests sur banc et éventuellement sur avion. ESTER a été conçu pour fonctionner avec d'autres technologies développées en parallèle par Liebherr, comme l'architecture électronique de commande à distance, et il est déjà prêt pour l'alimentation électrique CCHT.

**Les projets sont financés par le programme européen H2020 « Clean Sky 2 », dans le cadre de la convention de subvention 945535.**



Vue intérieure d'un boîtier électronique déporté



**Focus**

**international**







# Liebherr-Aerospace Brasil améliore sa compétitivité

---

Liebherr-Aerospace Brasil a franchi une nouvelle étape dans son développement : lorsqu'elle fournit des pièces à des clients tiers, l'entreprise gère désormais sa chaîne d'approvisionnement et améliore ainsi continuellement le contrôle de la performance et de la compétitivité liée à ses fournisseurs.



Traitement de surface d'un composant

Initialement fondée pour assurer l'usinage en sous-traitance, Liebherr-Aerospace Brasil a progressivement élargi le champ de ses compétences, en ajoutant l'assemblage de sous-composants, la peinture et le traitement de surface. Cela lui a permis d'augmenter considérablement sa capacité à répondre aux besoins des clients.

L'entreprise a franchi une étape supplémentaire importante pour les pièces fournies à des clients extérieurs en renforçant sa capacité à sélectionner et à gérer les fournisseurs, tant nationaux qu'internationaux.

Liebherr-Aerospace Brasil est maintenant pleinement positionnée comme un fournisseur de sous-ensembles usinés complexes destinés aux clients situés au Brésil et ailleurs dans le monde.

Le site de Liebherr-Aerospace Brasil à Guaratinguetá



# Des délégués de l'ambassade d'Allemagne en visite chez Liebherr-Singapore

L'année dernière, Liebherr-Singapore Pte. Ltd. a accueilli Christoph Thelen, attaché à l'armement, et Michael Kaemmerer, attaché à la défense, de l'ambassade d'Allemagne à Singapour. Ils ont été accueillis par les dirigeants de Liebherr, Steffen Kroner, directeur général, et Ekkehard Pracht, directeur général Aerospace.

Les deux invités ont pu découvrir l'histoire du site et les activités actuelles. Ils ont ensuite effectué une visite guidée afin de se rendre compte par eux-mêmes de l'étendue des services offerts par Liebherr-Aerospace. Les délégués ont été très impressionnés par l'engagement continu de Liebherr envers ses clients à Singapour. Cela se traduit par l'expansion des capacités, qui incluent la réparation des systèmes hydrauliques haute performance, la révision complète et la remise en état des échangeurs thermiques.

Depuis 1995, Liebherr-Singapore abrite le centre de service dédié de Liebherr-Aerospace dans la région Asie-Pacifique, fournissant un support et des services pour les produits fabriqués chez les équipementiers européens Liebherr-Aerospace Lindenberg en Allemagne et Liebherr-Aerospace Toulouse en France.

Liebherr-Singapore est un centre de service certifié Part 145 (par exemple, CAAS, CAAC, EASA et FAA). Ses capacités comprennent le test, la réparation et la révision de composants pour les systèmes de conditionnement d'air, de pressurisation cabine, les systèmes de prélèvement d'air, les contrôleurs de système, les actionneurs de commandes de vol, l'équipement hydraulique et les composants de train d'atterrissage.



De gauche à droite : Ekkehard Pracht (Liebherr-Aerospace), Christoph Thelen (ambassade d'Allemagne) et Michael Kaemmerer (ambassade d'Allemagne) chez Liebherr-Singapore

# Une efficacité globale avec une touche locale

---

L'existence de bureaux régionaux présente de nombreux avantages. Tout d'abord, ils favorisent l'établissement de relations solides et durables avec les partenaires et les clients. Les bureaux locaux aident l'entreprise à briser les barrières de la communication, de la langue et des fuseaux horaires et, surtout, à entretenir des relations profondes avec les clients tout en tirant parti des synergies du réseau du groupe Liebherr dans son ensemble.

Les activités de Liebherr-Aerospace au Canada remontent à 1993, lorsque Liebherr-Aerospace Toulouse SAS a été sélectionnée comme fournisseur pour l'avion Global Express de Bombardier Aerospace. Un bureau pour représenter la division Aerospace and Transportation Systems a été créé au sein de Liebherr-Canada Ltd. en 1997. Le site se trouve à Laval, au Québec, et abrite actuellement une zone d'assemblage de 1 400 m<sup>2</sup> et un entrepôt de 550 m<sup>2</sup>, en plus des bureaux.

Le bureau au Canada compte actuellement 19 employés locaux qui effectuent un large éventail de tâches : ils assurent le support technique et la coordination logistique entre les sites de production en Europe et les équipes des clients dans différents pays, tels que le Mexique, le Brésil, les États-Unis et le Canada. Ils assurent également d'autres fonctions :

- **entreposage**
- **contrôle qualité des produits**
- **assemblage final**
- **certification de la conformité des produits à l'EASA Part 21G**
- **aide à la mise en service**
- **support technique sur les lignes d'assemblage final du client**
- **soutien logistique après-vente**
- **services de soutien aux avions au sol**
- **publications techniques**



Le bureau agit comme centre névralgique permettant d'optimiser la circulation des pièces des fournisseurs nord-américains vers les clients sur tout le continent américain. Les produits sont reçus, inspectés et stockés avant d'être redistribués pour le compte des équipementiers Liebherr-Aerospace Toulouse SAS et Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH.

L'optimisation de la logistique apporte des avantages tels que la réduction des stocks, des frais de transport et des durées de transit. Elle a en outre un effet positif sur l'environnement, puisque les pièces parcourent des distances plus courtes pour parvenir aux clients.

Guillaume Perrin, responsable logistique et service client, explique : « En 2020, mon équipe de trois magasiniers a expédié 53 000 pièces aux clients de Liebherr sur le continent américain. Nous avons également deux agents logistiques qui veillent à ce que les pièces retournées par les clients pour être retravaillées ou réparées chez différents fournisseurs du monde entier soient traitées rapidement et renvoyées dans les délais convenus. »



Depuis plus de 20 ans, Liebherr assure la logistique et l'assistance à la clientèle au plus près de ses principaux clients de la région de Montréal, notamment Bombardier et Airbus.

L'équipe de Laval est audité régulièrement et agréée par les autorités françaises pour exécuter diverses tâches de logistique et d'assistance pour le compte de Liebherr-Aerospace Toulouse. Un système de gestion de la qualité certifié AS9100D et un système de gestion de l'environnement certifié ISO14001 ont été mis en place pour garantir des résultats constants et des performances accrues.

Maillon d'un réseau mondial de bureaux de liaison, l'équipe de Laval joue un rôle important dans le succès de Liebherr en répondant rapidement aux demandes des clients et en travaillant en étroite collaboration avec le siège et les sites de production pour identifier les nouvelles opportunités locales.



# Programmes et contrats

---

Avec une portée intercontinentale de 10 000 km,  
le Falcon 6X volera de Londres à Hong-Kong  
ou de Los Angeles à Moscou sans escale.



# Premier vol du Falcon 6X

**Le 10 mars 2021, le tout nouvel avion d'affaires Falcon 6X, fabriqué par Dassault Aviation, a décollé pour son vol inaugural et s'est posé en toute sécurité à Bordeaux-Mérignac (France) après un vol de deux heures et demie.**

« Le développement d'un nouveau programme s'accompagne d'une longue liste de défis ; c'est pourquoi le choix des bons partenaires est essentiel pour réussir », déclare Vadim Feldzer, responsable de la communication monde pour le Falcon chez Dassault Aviation. « Liebherr s'est montré ingénieux et s'est dévoué au programme avec un engagement inégalé pour nous permettre de réussir. Notre équipe de vol a été extrêmement impressionnée par la précision des performances et la maniabilité du 6X. Nous sommes mobilisés pour continuer à faire progresser notre programme d'essais et voir l'avion entrer en service en 2022. »

Liebherr a fourni le système d'air intégré ainsi que le système d'humidification d'air de la cabine pour cet avion long-courrier. Tous deux ont été développés par Liebherr-Aerospace Toulouse SAS, le centre d'excellence de Liebherr pour les systèmes d'air.

Depuis 70 ans, Liebherr et Dassault entretiennent une relation privilégiée, Liebherr développant, fabriquant et assurant la maintenance des systèmes et des composants majeurs pour divers avions Dassault, notamment tous les membres de la famille Falcon, comme les 7X, 8X, 900, 2000/2000EX et le 50EX.

Toute l'équipe se félicite de la réussite du premier vol du Falcon 6X !





# Présentation du nouvel avion d'affaires Falcon 10X de Dassault Aviation

Le 6 mai 2021, Dassault Aviation a lancé le Falcon 10X, son tout nouvel avion d'affaires pour lequel Liebherr fournira des systèmes et composants majeurs, notamment le système d'air intégré fourni à Dassault et les composants du train d'atterrissage fournis à Héroux-Devtek.



© Dassault Aviation

Le Falcon 10X, le dernier avion d'affaires de Dassault Aviation

Liebherr-Aerospace Toulouse SAS, centre d'excellence de Liebherr pour les systèmes d'air, est en charge du système d'air intégré du Falcon 10X. Ce système majeur comprend les systèmes de prélèvement d'air, de climatisation, de pressurisation cabine, de préparation de l'air inerte, de détection de surchauffe et d'antigivrage voilure.

S'appuyant sur l'architecture du système d'air du Falcon 6X de Dassault, également fourni par Liebherr, ce nouveau système associe des équipements fiables et éprouvés à de nouveaux développements technologiques de composants Liebherr. Un exemple : l'introduction de vannes intelligentes développées par Liebherr, offrant un contrôle numérique accru et permettant d'optimiser le contrôle du système et de renforcer sa maintenance prédictive.

En outre, l'équipe de Liebherr-Aerospace Lindenberg a été chargée par la société canadienne Héroux-Devtek de fournir des composants d'actionnement et de direction des trains d'atterrissage pour le Falcon 10X. Grâce à son expérience, Liebherr a été en mesure de proposer dans un délai très court une technologie conforme aux exigences environnementales les plus récentes pour l'avion d'affaires.

Nicolas Bonleux, directeur général et directeur commercial de Liebherr-Aerospace & Transportation SAS, a déclaré : « Depuis plus de 70 ans, Liebherr développe, fabrique et assure la maintenance de nombreux systèmes et composants des avions de Dassault Aviation, notamment de tous les modèles Falcon tels que les 7X, 8X, 900, 2000/2000EX et 50EX. Nous sommes heureux et honorés de pouvoir apporter notre expérience et notre technologie au dernier-né de la famille Falcon de Dassault. »



© Dassault Aviation

Confort à bord du Falcon 10X – exemple d'aménagement intérieur

# Première livraison d'une électronique autonome

**Liebherr a franchi une étape majeure avec la livraison des premiers prototypes de développement du boîtier électronique déporté contrôlant la direction du train d'atterrissage avant pour le Boeing 787 Dreamliner et de l'unité de commande de direction du train principal pour la famille d'avions Boeing 777.**

Au second semestre 2018, Liebherr a lancé le développement du boîtier électronique déporté contrôlant la direction du train avant pour le Boeing 787 et de l'unité de commande de direction du train principal pour le Boeing 777 ; les phases de conception et de mise en œuvre ont ensuite été réalisées dans les délais. La société a fourni les premiers prototypes pour les essais chez Boeing en février 2020, après une phase de tests intensifs dans le laboratoire d'essais de Liebherr.

C'était la première fois que Liebherr fournissait des électroniques autonomes\* et la société est heureuse et fière de partager cette étape historique avec son client Boeing. Les ingénieurs de Boeing ont effectué des tests de développement concluants et continuent leurs essais afin de confirmer le bon fonctionnement des composants. Les équipes Boeing et Liebherr travaillent en étroite collaboration sur les vérifications finales et la préparation des essais de qualification.

Le haut niveau de fonctionnalité et de maturité des produits Liebherr ressort déjà des essais techniques réalisés, ce qui favorisera la réussite de la phase de qualification avant le lancement de la fabrication en série par Liebherr et l'entrée en service de ces électroniques dans les familles 777 et 787 de Boeing.

Les équipes sont très satisfaites des progrès réalisés à ce jour, comme le montre la réussite de la revue critique de conception menée conjointement par Boeing et Liebherr, qui constitue une excellente base pour d'autres projets d'électroniques autonomes fournies par Liebherr.

\* L'électronique autonome est un matériel électronique doté d'un système d'exploitation logiciel, ainsi que d'un logiciel d'application à intégrer dans les systèmes dédiés aux avions.



Boeing 787 Dreamliner

# Des actionneurs de trains d'atterrissage pour les Boeing 777 et 777X



© Boeing

Le Boeing 777X est la toute nouvelle gamme de la famille de long-courriers Boeing 777

Depuis la signature du contrat relatif à l'actionneur de commande électrique des composants de direction du train principal des 777 et 777X en 2018, Liebherr et Boeing travaillent d'arrache-pied pour concevoir, fabriquer et tester le nouvel actionneur. La première livraison de deux unités au laboratoire de Boeing l'année dernière a marqué une étape importante pour ce projet built-to-print. Une équipe dédiée d'ingénieurs de fabrication et de qualification a travaillé méticuleusement pour s'assurer que ce nouvel actionneur dépasse toutes les exigences.

Liebherr-Aerospace fabriquera ces pièces spécialement pour les programmes 777 et 777X de Boeing. Le centre de compétence de Liebherr pour les commandes de vol,

les boîtes de transmission et les trains d'atterrissage, Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH, Lindenberg (Allemagne), a été retenu pour fabriquer et tester l'actionneur car l'entreprise accorde une grande importance à la rentabilité, la qualité et l'efficacité, piliers de partenariats fructueux à long terme.

Les actionneurs de commandes électriques font partie du système de direction du train principal. Ils facilitent les manœuvres de roulage de l'avion et réduisent l'usure des pneus. Avec l'unité de commande de direction du train principal et le transducteur de position de direction du train avant, Liebherr fournit le système complet de direction du train principal.

# Sous-système d'alimentation d'air pour l'Airbus A321 XLR

Liebherr-Aerospace a été sélectionné par Parker Aerospace, basé à Irvine, en Californie (États-Unis), pour concevoir, développer, fabriquer et assurer la maintenance du sous-système d'alimentation d'air intégré au système de pré-conditionnement d'air pour l'inertage des réservoirs pour le programme Airbus A321 XLR.

Le système de pré-conditionnement d'air réduit le risque de combustion du carburant dans les réservoirs à bord d'un avion. Le sous-système d'alimentation d'air sert à apporter de l'air à la pression et à la température requises afin d'optimiser le fonctionnement de la membrane de génération de gaz inerte. Le sous-système inclut des composants compacts, légers et extrêmement fiables. Il sera conçu et fabriqué chez Liebherr-Aerospace Toulouse SAS, Toulouse (France), le centre d'excellence de Liebherr pour les systèmes d'air.

Liebherr dispose d'une vaste expérience dans les sous-systèmes de préparation du pré-conditionnement d'air pour l'inertage des réservoirs des gammes Airbus A320 et A330, ainsi que pour de nombreux autres avions, tels que l'E-Jet E2 d'Embraer et le C919 de COMAC.

Ce savoir-faire et cette expérience des composants pneumatiques se traduisent par la présence des composants Liebherr dans la plupart des programmes d'avions commerciaux mis en service au cours des vingt dernières années : vannes pneumatiques, échangeurs thermiques, compresseurs et turbines et commandes associées employés dans la pneumatique moteur, systèmes de prélèvement d'air moteur, systèmes de conditionnement d'air ou systèmes de pré-conditionnement d'air pour l'inertage des réservoirs.

L'Airbus A321 XLR vole avec la technologie Liebherr à bord



# Des performances exceptionnelles pour le programme ARJ21 de COMAC

COMAC, client de longue date de Liebherr-Aerospace, a officiellement reconnu les performances exceptionnelles de l'entreprise pour le système d'air à bord de l'avion ARJ21 lors de la conférence des fournisseurs de COMAC qui s'est tenue en octobre 2020 à Shanghai. Liebherr a eu l'honneur de recevoir le « Prix d'excellence de l'année pour la ponctualité des livraisons ». Ce prix témoigne de l'engagement de l'entreprise à respecter les délais de livraison et de sa réponse rapide aux besoins du client.

De plus, Liebherr a reçu le prestigieux « Prix 2020 du fournisseur de l'année – Excellente Performance » lors de la conférence mondiale des fournisseurs de COMAC qui s'est tenue à Nanchang en avril 2021. Ce prix récompensait l'excellence du système d'air notamment pour l'avion ARJ21. COMAC a également souligné les excellentes performances de Liebherr au cœur de la pandémie de COVID-19 et l'amélioration continue de la qualité de son travail.

En plus du système d'air intégré, Liebherr-Aerospace est également responsable du développement, de la fabrication et du support du système de train d'atterrissage de l'ARJ21.

Liebherr est présent sur le marché chinois depuis 1978, avec Liebherr (China) Co., Ltd. comme siège régional basé à Shanghai. La société a développé une présence locale pour ses activités aéronautiques avec un bureau de liaison et une installation MRO à Shanghai, ainsi qu'une coentreprise avec AVIC LAMC à Changsha, Liebherr LAMC Aviation (Changsha) Co. Ltd., qui fournit des trains d'atterrissage pour l'ARJ21 et le C919.



De gauche à droite : les représentants d'AVIC Special Aircraft Research Institute et de HIWING, Yu Zemin, directeur général de SAMC, et Julien Moll, directeur général de la division aéronautique de Liebherr (China) Co., Ltd.



De gauche à droite : Julien Moll, directeur général de la division aéronautique de Liebherr (China) Co. Ltd., Yuerang Zhao, vice-président, président et secrétaire-adjoint du comité du parti de COMAC et un représentant d'AVIC SAC Commercial Aircraft Co., Ltd.

## Parmi les meilleurs



Les prix du meilleur fournisseur d'Embraer alignés pour la cérémonie : Liebherr a eu l'honneur de recevoir un prix dans deux catégories

La pandémie a changé la façon de faire des affaires, mais elle n'a certainement pas changé l'engagement de Liebherr-Aerospace envers l'excellence. « Nous sommes très reconnaissants d'avoir été à nouveau distingués par notre client Embraer comme meilleur fournisseur dans non pas une, mais deux catégories », déclare Nicolas Bonleux, directeur général et directeur commercial de Liebherr-Aerospace & Transportation SAS.

En raison de la pandémie, la conférence des fournisseurs s'est déroulée en ligne le 18 décembre 2020. Liebherr-Aerospace Toulouse a reçu les prix « Meilleur Fournisseur Programmes en Développement » et « Meil-

leur Fournisseur Systèmes Mécaniques », qui témoignent de l'engagement sans faille de l'entreprise en faveur de l'excellence technologique et opérationnelle. Ces prix sont le reflet des efforts incessants des équipes d'Embraer et de Liebherr pour entretenir une relation de très haute qualité.

Liebherr-Aerospace Toulouse SAS (France), centre de compétence de Liebherr pour les systèmes d'air, développe, fabrique, fournit et assure la maintenance de divers systèmes et composants pour plusieurs programmes d'Embraer, notamment la famille E-Jet E2, l'ALX Super Tucano, le Praetor 600 et le programme C-390 Millennium.

# Le plus gros moteur d'avion du monde

**D'ici fin 2021, Rolls-Royce aura achevé le premier démonstrateur UltraFan®, qui deviendra alors le plus grand moteur d'avion du monde. L'un des composants clés de ce nouveau moteur est la boîte de transmission de puissance, développée dans le cadre d'un partenariat entre Liebherr-Aerospace et Rolls-Royce.**

Le démonstrateur aura un diamètre de 3 556 mm. L'UltraFan® offre une amélioration substantielle de 25 % du rendement énergétique pour la prochaine génération d'avions commerciaux par rapport à la première génération de moteur Trent. La boîte de transmission de puissance est développée et fabriquée par la coentreprise à 50-50 Aerospace Transmission Technologies GmbH (ATT), créée en 2015 par Rolls-Royce et Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH et basée à Friedrichshafen (Allemagne).

Par le biais de cette coentreprise, Rolls-Royce est responsable de la définition et de la conception de la boîte de transmission de puissance ainsi que les activités d'essai. Liebherr apporte son expertise dans la production d'engrenages et son savoir-faire en matière de centres d'usinage pour engrenages, que l'entreprise développe et fabrique depuis des décennies. L'objectif d'ATT est de produire les meilleures boîtes de transmission du monde destinées aux moteurs aéronautiques, en innovant et en améliorant continuellement ses méthodes de fabrication d'engrenages.

UltraFan® fait partie de la vision du moteur intelligent de Rolls-Royce. Par exemple, chaque pale de ventilateur possède un jumeau numérique qui stocke des données d'essai réelles, permettant aux ingénieurs de prévoir les performances en service. Lors des essais effectués dans la nouvelle installation Testbed 80 de Rolls-Royce, d'une valeur de 105 millions d'euros, des données peuvent être recueillies à partir de plus de 10 000 paramètres, grâce à la détection des vibrations les plus infimes à un rythme pouvant atteindre 200 000 échantillons par seconde.

Source : communiqué de presse Rolls-Royce - 29 mars 2021



© Rolls-Royce plc

La boîte de transmission de puissance UltraFan®



© Rolls-Royce plc

Ventilateur en carbone titane de 3,5 mètres de diamètre

L'UltraFan® repose sur une technologie qui optimise non seulement la consommation de carburant, mais aussi les émissions de carbone, le niveau sonore et le poids. L'amélioration des performances apportée par ce moteur constituera une nouvelle référence, surtout dans la nouvelle ère post-COVID de l'aviation où la durabilité sera au centre de la relance. Le premier essai du moteur sera effectué avec un carburant aviation 100 % durable.



© Rolls-Royce plc

Travail sur le démonstrateur UltraFan®

# Service client

---

Travail sur un banc d'essai à Singapour en  
lien avec les collègues en Europe grâce aux  
lunettes connectées





# Innovation dans la maintenance, la réparation et les opérations

**La meilleure voie pour une industrie aéronautique plus efficace, plus fiable et plus sûre passe par la numérisation. Pour les fabricants comme Liebherr-Aerospace, l'optimisation de la maintenance, de la réparation et de la révision (MRO) au moyen de solutions numériques innovantes peut contribuer non seulement à faire baisser les coûts, mais aussi à réduire l'impact environnemental de l'activité.**

Il est essentiel d'adopter un cadre qui utilise la puissance des outils numériques pour explorer, adapter et, dans certains cas, développer des technologies visant à rationaliser les opérations et à améliorer l'efficacité des fonctions. Notamment dans le MRO, où Liebherr doit gérer par exemple plus de 40 000 réparations de composants et 100 révisions de trains d'atterrissage par an par le biais de son réseau mondial d'entretien.

## **Renforcer les capacités d'essai locales grâce aux lunettes connectées**

Dans le cadre de sa stratégie visant à étendre ses capacités de MRO, Liebherr a commencé à utiliser des technologies de téléassistance dans le cadre de l'initiative « Smart MRO ». Les lunettes connectées, par exemple, permettent à des équipes sur différents sites de partager des informations en temps réel. Elles permettent aux employés de travailler sur les objets avec les deux mains pendant que leurs collègues suivent – et dirigent si nécessaire, dans le cas des instructeurs – la procédure via une caméra placée à côté de l'œil du collègue qui effectue les étapes du travail.

Des lunettes connectées ont été utilisées par une équipe d'ingénieurs de Liebherr Shanghai (Chine) lors de la construction d'un nouveau banc d'essai pour les composants du système d'air des programmes d'avions ARJ21 et C919 de COMAC. Leurs collègues situés à Toulouse (France) les ont assistés. À peu près au même moment, l'équipe de Singapour travaillait sur une nouvelle cellule d'essai hydraulique haute performance pour pouvoir réaliser les essais en local pour les actionneurs de volets et de trains d'atterrissage de l'Airbus A350. Ici aussi, des collègues de Lindenberg (Allemagne), le centre de compétence de Liebherr pour les commandes de vol, les trains d'atterrissage, les boîtes de transmission et l'électronique ont pu offrir des conseils grâce à la téléassistance.

Encouragée par les réactions très positives des équipes impliquées, l'entreprise a l'intention d'étendre le projet à d'autres employés sur tous ses sites dans le monde. La prochaine étape consisterait également à permettre ce type de communication numérique avec les clients.

## **Liebherr Analytics en service**

Grâce à ses connaissances en matière de conception et à son expérience en service, Liebherr-Aerospace effectue un traitement croisé des données des avions avec celles de ses propres ateliers de fabrication et de réparation. L'objectif de l'entreprise est de créer de la valeur pour les opérateurs aériens. L'utilisation des solutions Liebherr Analytics augmentera la disponibilité des avions, réduira la charge de la maintenance non programmée et contribuera à optimiser les actifs et la maintenance des pièces.

Avec Liebherr Analytics, l'entreprise peut élargir la base de données de ses produits, notamment grâce aux données de vol fournies par ses clients, c'est-à-dire les opérateurs aériens. Ces données permettent de poursuivre le développement des services d'analyse de Liebherr, notamment pour la maintenance prédictive, l'amélioration de la gestion des données et un service plus efficace pour les problèmes individuels. Le retour d'information sur le comportement des produits Liebherr en service est conséquent.





Grâce aux lunettes connectées, un technicien du site de Shanghai montre en temps réel à ses coéquipiers toulousains une partie du nouveau banc d'essai pour les composants de systèmes d'air

La plateforme de données « Artic » garantit aux clients la sécurité des données et l'utilisation convenue. Elle peut collecter et gérer les données de 1 500 appareils. À ce jour, les données de plus de 300 000 vols de 300 avions ont été collectées pour soutenir le développement des solutions numériques de Liebherr-Aerospace dont bénéficieront ses clients.

Une première version de la plateforme est déjà opérationnelle et utilisée sur le site de Liebherr-Aerospace à Toulouse (France) pour superviser la flotte d'Airbus A220 au quotidien et fournir aux compagnies aériennes des recommandations pour la suppression des équipements de prélèvement d'air moteur. En outre, l'outil est capable d'analyser les données des gammes de trains d'atterrissage et de commandes de vol développées par l'équipementier Liebherr-Aerospace à Lindenberg (Allemagne).

### **Une nouvelle plateforme de service client**

Liebherr-Aerospace a aussi lancé récemment une plateforme de service client. Elle offre plusieurs fonctionnalités inédites et une gamme de services de formation pour les compagnies aériennes et les MRO. Elle comprend également un nouvel ensemble de solutions numériques dédiées pour améliorer l'expérience utilisateur. Les nouvelles fonctionnalités incluent les services « Suivi des commandes de réparation » et « Demande technique », ainsi que l'échange de messages directs avec les experts de l'entreprise. Liebherr-Aerospace travaillera sur d'autres services de pointe, qui seront lancés au cours des prochains mois.

Conscient que le MRO dans l'aéronautique connaît des transformations majeures pour le passage au numérique, Liebherr a investi et continuera d'investir massivement dans des technologies avancées et intégrées au profit de ses clients. L'entreprise continuera à porter le service client à un niveau supérieur.

# Trois contrats de révision majeurs

En 2020 et 2021, Liebherr-Aerospace a conclu des partenariats avec trois compagnies aériennes pour effectuer les révisions des trains d'atterrissage de leur famille d'avions Embraer E-Jet. Ce sont des contrats importants pour l'entreprise, qui lui permettent de poursuivre avec succès sa campagne de révision de trains d'atterrissage.

Tout d'abord, la compagnie aérienne Austral Líneas Aereas a choisi Liebherr-Aerospace pour réviser les trains d'atterrissage de sa flotte d'Embraer E-Jet E190. Il s'agit du premier gros contrat de Liebherr en Argentine, et les activités de révision ont débuté en juillet 2020. Elles sont assurées par le centre de service client de Liebherr-Aerospace à Saline, Michigan (États-Unis).

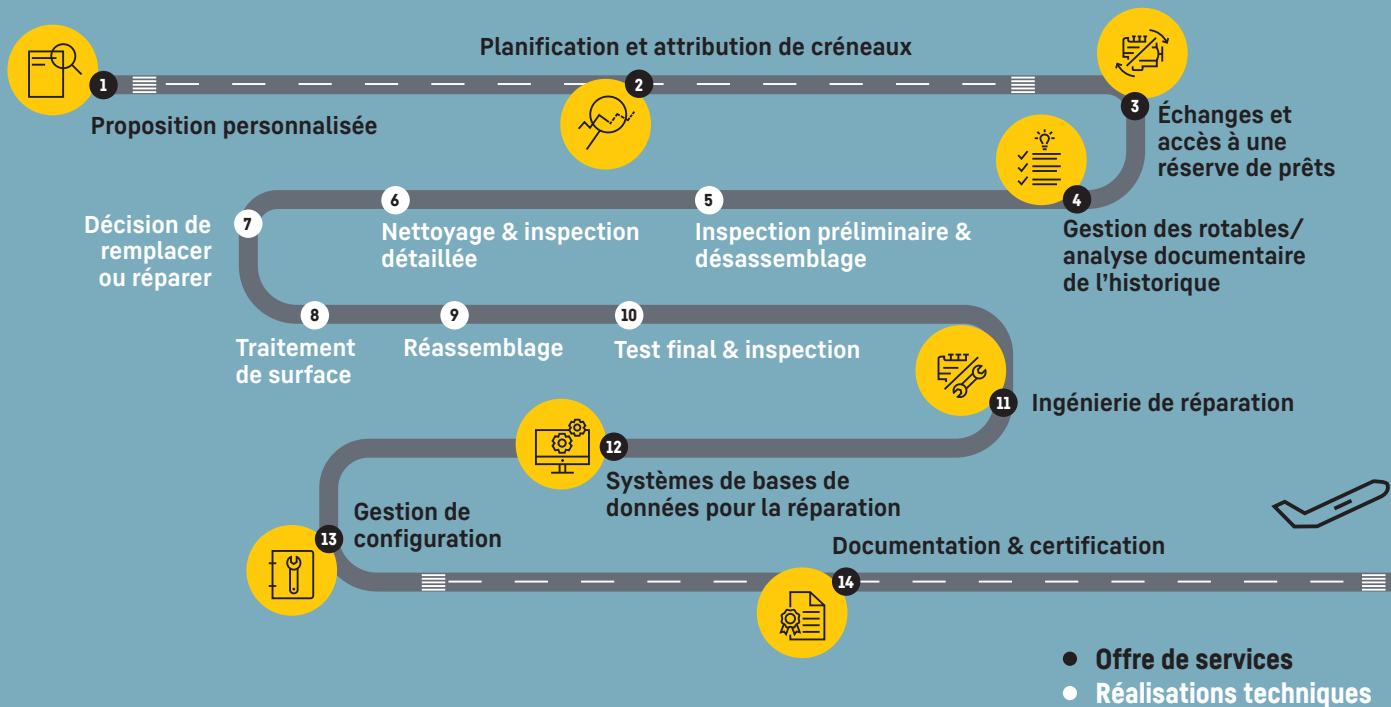
Ce contrat majeur de révision de trains d'atterrissage conclu avec Austral (filiale d'Aerolíneas Argentinas) souligne la proximité développée par Liebherr-Aerospace avec ses clients en Amérique latine grâce à son bureau de liaison situé à São José dos Campos (Brésil). Austral est la plus grande compagnie aérienne d'Argentine et dessert également des destinations au Brésil et en Uruguay.

Ensuite, Liebherr-Aerospace a signé un accord avec Austrian Airlines, la plus grande compagnie aérienne d'Autriche et membre du groupe Lufthansa. L'objectif est de réviser les trains d'atterrissage des dix-sept Embraer

E-Jet E195 de la compagnie aérienne. Le premier train d'atterrissage a été livré dès fin décembre 2020 chez Liebherr-Aerospace à Lindenberg (Allemagne).

Et jamais deux sans trois : début 2021, Portugália Airlines et Liebherr-Aerospace ont conclu un contrat portant sur la révision des systèmes de trains d'atterrissage à bord des onze Embraer E190/E195 de la compagnie aérienne. La campagne doit commencer en 2022 et se terminer en 2024.

Le système complet de trains d'atterrissage de la famille E-Jet E1 (E170/E175/E190/E195) équipant les trois compagnies aériennes a été développé, fabriqué et certifié par Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH, le centre de compétence de Liebherr pour les commandes de vol, les trains d'atterrissage, les boîtes de transmission et l'électronique. Ces contrats majeurs témoignent de la fiabilité du niveau de service des équipes de Liebherr-Aerospace à Saline et Lindenberg en matière de révision de trains d'atterrissage.



# Plus de vingt mille réparations de composants aéronautiques en Chine

La présence de Liebherr en Chine a franchi une nouvelle étape avec la livraison de sa 20 000<sup>e</sup> unité réparée dans le pays. C'est la réparation d'une vanne de régulation pour un Airbus A320 appartenant à un opérateur chinois qui marque cet accomplissement pour Liebherr en Chine.

Ces cinq dernières années, l'entreprise a investi dans le développement d'une gamme croissante de services de maintenance des systèmes d'air (chapitres ATA 21 et 36) pour diverses compagnies aériennes exploitant des avions Airbus monocouloirs et long-courriers, ainsi que des avions Bombardier et Embraer. Une gamme complète de services de maintenance de composants offrant la qualité constructeur a également été lancée pour les opérateurs du programme national ARJ21-700 de COMAC.

Dans le cadre du déploiement de ces services aéronautiques en Chine, Liebherr a constitué une équipe solide de plus de 40 employés hautement qualifiés composée de spécialistes du service client, de commerciaux, de techniciens, et d'experts en qualité, en approvisionnement et en logistique. De plus, l'atelier MRO ultramoderne de Shanghai emploie des techniciens de réparation, des ingénieurs, des agents de certification et des instructeurs en

réparation. Le site peut compter sur le support des centres d'excellence de Liebherr-Aerospace de Toulouse (France) et de Lindenberg (Allemagne). Cette étroite collaboration entre sites permet d'étendre les services aéronautiques aux opérateurs de la région.

La livraison du 20 000<sup>e</sup> composant réparé à une compagnie aérienne chinoise représente une étape importante pour l'équipe du service client de Liebherr à Shanghai. Depuis 2016, le site a plus que triplé le nombre d'unités réparées, preuve de l'engagement de l'entreprise à fournir aux opérateurs un support continu afin de répondre à leurs besoins de maintenance quotidiens, tout en s'adaptant à un marché en pleine expansion. L'équipe de Shanghai travaille sans relâche pour accompagner cette croissance en donnant priorité à la qualité et à la sécurité des opérations de l'aviation civile chinoise.



Membres de l'équipe du service client de Liebherr à Shanghai (Chine)



# Notre communauté

---



# Liebherr contribue à maintenir dans les airs un symbole de l'histoire de l'aviation



L'année dernière, le Yankee Air Museum de Belleville, Michigan (États-Unis), a sollicité l'aide de Liebherr Saline Inc. à Saline (Michigan). Le musée possède l'un des neuf B-17 encore en état de vol dans le monde. Surnommé « forteresse volante », l'appareil avait besoin de quelques réparations de soudure pour pouvoir continuer à voler. Disposant d'une équipe de soudeurs aéronautiques qualifiés pour des réparations de nombreux équipements, y compris mais pas seulement les équipements Liebherr, l'équipe Liebherr-Aerospace de Saline était prête à faire tout son possible pour que le B-17 continue de voler.

Le B-17 était un avion lourd qui a joué un rôle clé pendant la Seconde Guerre mondiale, utilisé à la fois par la Royal Air Force britannique et l'Army Air Corps des États-Unis. 12 731 de ces avions ont été produits entre 1936 et 1945. Le B-17 a été surnommé « forteresse volante » en raison de sa taille et de sa puissance de feu. L'avion du musée, baptisé « The Yankee Lady », fait 31,62 m d'envergure, 22,78 m de long et 5,82 m de haut. Il est propulsé par quatre moteurs radiaux, suralimentés par turbocompresseur, de type Wright R-1820-97 « Cyclone » de 1 200 CV. Il pouvait voler à une vitesse maximale de 462 km/h et à une vitesse de croisière de 257 km/h avec un équipage complet de dix personnes.

Il s'agissait ici de réaliser une réparation par soudage pour les boîtiers de turbocompresseurs et les roues à godets. Il n'y a plus de pièces disponibles pour remplacer celles qui sont endommagées. Jay Roberts, coordinateur du programme de soudage chez Liebherr à Saline, a pris la direction de ce projet. Jay a rédigé une spécification de procédure de soudage basée sur le type de matériau et d'autres variables essentielles selon les normes en vigueur dans l'aéronautique. Une fois la procédure établie, il a réparé plus de huit unités pour le musée. La dernière étape de la réparation qualifiée était l'inspection des soudures. Toutes les unités ont été envoyées à une société spécialisée pour une inspection des soudures par rayons X. Les huit unités ont toutes réussi l'inspection et ont été jugées aptes à voler.

Une fois les boîtiers réparés installés, tous les contrôles système réalisés, cette vieille fille était prête à décoller ! « J'ai pu faire partie de l'équipage et voler à bord de cet avion ; c'est l'un des vols les plus extraordinaires auxquels j'ai participé. Le rugissement des moteurs, la sensation de puissance, l'histoire sont incomparables », a commenté Jay avec fierté après son expérience à bord de la forteresse volante.

**« Sans l'aide de Liebherr et de leur équipe de soudeurs, nous ne pourrions pas faire voler nos avions légendaires. Nous sommes reconnaissants de cette aide pour le bien commun. »**

**Rich Koski**  
Chef mécanicien au Yankee Air Museum



## Réparation de composants pour le B-25 et le « Tin Goose »

Les réparations pour le B-17 ayant été couronnées de succès, Jay a également réparé certains composants du B-25D et du Ford 4-AT-B Tri-Motor en utilisant le même processus de validation. Le B-25 Mitchell est un bombardier de taille moyenne équipé de deux moteurs Wright R-2600 Cyclone. Ces moteurs sont des radiaux à 14 cylindres sur deux rangées, refroidis par air, suralimentés et développant chacun 1 700 CV. L'envergure des ailes est de 20,73 m. La vitesse maximale est de 528 km/h et la vitesse de croisière de 370 km/h. Ces avions ont été les plus fabriqués pendant la Seconde Guerre mondiale. 9 816 exemplaires sont sortis des usines entre 1942 et 1944. Le B-25 exposé au musée, appelé « Yankee Warrior », est l'un des trois appareils ayant participé à des combats et encore en état de voler.

Le Ford 4-AT-B Tri-Motor est une véritable légende des débuts de l'aviation. La Ford Aircraft Division de Dearborn, dans le Michigan, l'a produit de 1926 jusqu'à la grande dépression de 1933. À la fin des années 1920, la Ford Aircraft Division était réputée pour être le plus grand fabricant d'avions commerciaux du monde. Ces avions entièrement métalliques ont reçu le surnom de « Tin Goose » (oie de fer), car la plupart des avions de l'époque avaient des commandes de vol recouvertes de tissu. Seuls 39 appareils de la version 4-AT-B ont été produits et celui du Yankee Air Museum est encore en état de vol. Il fait 22,55 m d'envergure, 14,94 m de long et 3,63 m de haut. L'avion est propulsé par trois moteurs radiaux Wright J-5 Whirlwind de 220 CV qui lui permettent d'atteindre une vitesse maximale de 212 km/h et une vitesse de croisière de 172 km/h. Le 4-AT-B était à la pointe de l'industrie au début des vols commerciaux transportant deux pilotes et 12 passagers.



« C'est un grand honneur de pouvoir travailler sur des avions aussi historiques et de les maintenir dans les airs. Travailler pour Liebherr et l'industrie aéronautique m'offre des opportunités que la plupart des gens n'auront jamais l'occasion de vivre », déclare Jay.

Rich Koski, chef mécanicien au Yankee Air Museum, a déclaré : « Sans l'aide de Liebherr et de leur équipe de soudeurs, nous ne pourrions pas faire voler nos avions légendaires. Nous sommes reconnaissants de cette aide pour le bien commun. »

<https://yankeairmuseum.org/>



# Des initiatives environnementales pour un avenir plus vert

Chacun doit agir pour rendre possible un avenir plus vert. Liebherr-Aerospace Toulouse SAS a lancé de nombreuses initiatives pour améliorer son empreinte carbone. Depuis 2014, l'entreprise est parvenue à réduire de 34% ses émissions à effet de serre. Parmi ces initiatives, l'utilisation de voitures électriques sur les deux sites de l'entreprise, Toulouse et Campsas.

Liebherr-Aerospace Toulouse cherche également à préserver la biodiversité et a créé 575 m<sup>2</sup> de jachères fleuries pour attirer les insectes pollinisateurs. Quatre hôtels à insectes et trois ruches ont été installés sur ce terrain. L'entreprise favorise également la prise de conscience environnementale de ses employés en organisant chaque année des journées de sensibilisation, en les encourageant et en les aidant à utiliser des transports alternatifs et écologiques pour se rendre au travail.

Liebherr-Aerospace Toulouse continue d'aller de l'avant avec des initiatives dans ce domaine et a terminé l'installation d'un toit photovoltaïque de 650 m<sup>2</sup>, qui permettra de réaliser d'importantes économies d'énergie dans tout le site.



Panneaux solaires sur le toit de l'un des bâtiments de Liebherr-Aerospace Toulouse



# Entraide au sein de Liebherr

« Chez Liebherr, nous nous entraïdons, surtout dans des périodes difficiles comme celle que nous vivons en ce moment ! » Ulrich Thalsofer, responsable des ressources humaines à Lindenberg, soutient l'initiative depuis le départ. Étant donné la hausse du volume des commandes et la mise en place d'une organisation de postes continus chez Liebherr-Components à Deggendorf, les besoins en personnel ont augmenté à la production. Parallèlement, chez Liebherr-Aerospace Lindenberg, certains postes de travail sont passés par une phase de temps partiel.

Face à ces défis, les responsables RH des deux sites ont eu l'idée de se prêter des employés pour résoudre le problème sous-jacent : « Il était essentiel pour nous, et en particulier pour les employés, d'atteindre le plus vite possible un équilibre dans la capacité. Les premiers employés transférés de Lindenberg à Deggendorf sont arrivés très vite pour se familiariser avec leur nouvel environnement de travail et découvrir en détail les processus de production », déclare Thomas Listl, responsable des

ressources humaines de Deggendorf. Le facteur crucial qui a permis un transfert aussi facile est l'excellent niveau de qualification du personnel sur les deux sites. Grâce aux plateformes de communication numériques et aux conversations tenues en amont, l'échange a pu être coordonné à l'avance.

Au total, 14 employés de Lindenberg ont travaillé à Deggendorf depuis le début de cette initiative en 2020. L'échange est absolument facultatif et il est limité à une durée de dix à trente semaines par employé. Des échanges similaires ont également eu lieu entre les usines Liebherr de Friedrichshafen et de Biberach. « C'est une excellente opportunité d'élargir notre horizon et de glaner de nouvelles expériences au sein du groupe. De plus, il est très agréable de pouvoir partager son expertise avec des collègues qui font face à des goulots d'étranglement dans la production », affirment Andreas Fink et Patrick Trost, deux des employés transférés depuis Lindenberg.



# Participation aux programmes

## Aéronefs à voilure fixe

### Airbus

---

#### Airbus A220

- Système de train d'atterrissage
- Système d'air intégré

#### Airbus A300-600

- Actionneur de porte cargo supérieur
- Actionneur de verrouillage
- Système de commandes de vol secondaires
- Système de pressurisation cabine
- Train d'atterrissage avant
- Vérin Krüger
- Vérins de portes de train d'atterrissage

#### Airbus A310

- Train d'atterrissage avant
- Système de commandes de vol secondaires
- Système de pressurisation cabine
- Vérin Krüger

#### Airbus Single Aisle Family ceo/neo

- Collecteurs hydrauliques haute pression/unité de transfert de puissance haute pression
- Convertisseur de puissance électrique pour poste de pilotage
- Groupe de refroidissement avionique sol
- Groupe de refroidissement d'air
- Servocommande de gouverne de direction
- Soupape de sécurité
- Système de chauffage de soute cargo
- Système de commandes de vol secondaires
- Système de conditionnement d'air
- Système de pré-conditionnement d'air pour l'inertage des réservoirs (sauf A319CJ)
- Système de prélèvement d'air moteur

#### Airbus Long-Range Family ceo/neo

- Actionneur de porte de train d'atterrissage
- Actionneur de porte cargo
- Actionneurs de spoilers
- Convertisseur de puissance électrique pour poste de pilotage (A330)
- Groupe de refroidissement avionique sol
- Groupe de refroidissement d'air
- Jambe de force
- Réducteur groupe auxiliaire de puissance (avion long-courrier)
- Servocommande de gouverne de direction (Airbus A340 enhanced)
- Système d'humidification de compartiment repos de l'équipage
- Système de chauffage de soute cargo
- Système de conditionnement d'air
- Système de commandes de vol secondaires
- Système de pré-conditionnement d'air pour l'inertage des réservoirs
- Système de prélèvement d'air moteur

#### Airbus A350 XWB

- Amortisseur mobile
- Actionneurs de commande des becs
- Bielle de mesure de charge
- Réducteur différentiel actif de volets
- Train d'atterrissage avant

#### Airbus A380

- Actionneurs de spoilers
- Échangeur de refroidissement de bêche hydraulique
- Système de chauffage de soute cargo
- Système de commandes de vol secondaires
- Système de distribution pneumatique
- Système de prélèvement d'air moteur
- Système de refroidissement additionnel
- Système de refroidissement hydraulique

#### Airbus BelugaXL

- Actionneur de porte de train d'atterrissage
- Actionneurs de spoilers
- Système de commandes de vol secondaires
- Système de conditionnement d'air
- Système de pré-conditionnement d'air pour l'inertage des réservoirs
- Système de prélèvement d'air moteur

# Airbus

## (Defense and Space)

---

### A400M

- Dégivrage d'entrée d'air nacelle
- Frein d'extrémité d'aile
- Servocommande d'aileron, de profondeur et de direction
- Système de commande des vérins de porte de chargement
- Système de conditionnement d'air
- Système de pré-conditionnement d'air pour l'inertage des réservoirs
- Système de prélèvement d'air moteur
- Système de pressurisation cabine
- Système de ventilation
- Unité de puissance
- Vannes de dégivrage voilure
- Vérin de spoiler

### Eurofighter / Typhoon

- Actionneurs de commandes de vol électriques primaires
- Contre-fiche du train d'atterrissage principal
- Ensemble filtre hydraulique
- Pompe hydraulique principale
- Relais d'accessoires moteur
- Servocommande d'aérofrein
- Train d'atterrissage avant
- Actionneur de rentrée du train d'atterrissage avant

### MR TT ARBS

- Système de commande de ruddervator

# Antonov

---

### AN-74 / AN-140

- Système de pressurisation cabine

### AN-132 / AN-148 / AN-158 / AN-178-Prototype

- Système d'air intégré

# ATR

---

### ATR 42 / 72

- Système d'air intégré

# AVIC

---

### MA700

- Actionneur de vanne

# Boeing

---

### 747-8

- Système de conditionnement d'air
- Système de prélèvement d'air moteur

### 777-200LR

- Soupape de pressurisation du réservoir de carburant, vannes de régulation de pression

### 777 / 777X

- Système de direction du train d'atterrissage principal

### 777X

- Système de repli des extrémités d'ailes
- Actionneurs de commandes de vol secondaires (actionnement des becs et volets)
- Unité de génération de puissance et moteur hydraulique pour le système de commandes de vol

### 787

- Électronique de direction du train d'atterrissage avant

### KC-46

- Vannes de régulation de pression d'air pour l'inertage des réservoirs
- Système d'enroulement / déroulement du tuyau d'avitaillement

### MQ-25

- Actionneur de la crosse d'appontage

# Participation aux programmes

---

## Aéronefs à voilure fixe

### Bombardier Aerospace

---

#### **Challenger 300 / 350**

- Système de commande de volets
- Système d'air intégré
- Tuyauteries haute et basse pression

#### **Global Express / G5000 / G5500**

- Amortisseur de train d'atterrissage avant
- Système d'humidification cabine
- Système d'air intégré

#### **G6000 / G6500 / G7500 / G8000**

- Système d'air intégré

### COMAC

---

#### **ARJ21**

- Système de train d'atterrissage incluant le système de contrôle de freinage, les roues et les freins
- Tuyauteries haute et basse pression
- Système d'air intégré

#### **C919**

- Système de train d'atterrissage
- Système d'air intégré
- Tuyauteries haute et basse pression

### Daher-Socata

---

#### **TBM850 / 900**

- Système de conditionnement d'air
- Système de prélèvement d'air moteur
- Système de pressurisation cabine

### Dassault Aviation

---

#### **Falcon 50EX / 900 / 2000 / 2000EX**

- Système de conditionnement d'air
- Système de prélèvement d'air moteur
- Système de pressurisation cabine

#### **Falcon 6X**

- Système d'air intégré
- Système d'humidification d'air

#### **Falcon 7X / 8X**

- Système de prélèvement d'air moteur
- Système d'humidification d'air cabine

#### **Falcon 10X**

- Composants d'actionnement et de direction des trains d'atterrissage
- Système d'air intégré

#### **Mirage 2000**

- Système de conditionnement d'air
- Système de prélèvement d'air moteur
- Système de pressurisation cabine

#### **Rafale**

- Composants de conditionnement d'air
- Système de prélèvement d'air moteur
- Système de pressurisation cabine

### Embraer

---

#### **AMX**

- Système de pressurisation cabine

#### **C-390 Millennium**

- Système de conditionnement d'air
- Système de pressurisation cabine
- Vannes de prélèvement d'air moteur
- Système d'enroulement / déroulement du tuyau d'avitaillement
- Vannes d'antigivrage

#### **E-Jet E1**

- Système de train d'atterrissage incluant le système de contrôle de freinage, les roues et les freins

#### **E-Jet E2**

- Système de commande de vol secondaire
- Système d'air intégré
- Système de direction du train avant
- Usinage des trains d'atterrissage principaux (E175 E2)

#### **Embraer 135 / 145 / Legacy 650**

- Système de commande de volets
- Système de pressurisation cabine
- Train d'atterrissage avant

#### **Legacy L500ER**

- Système de pressurisation des réservoirs

#### **Lineage**

- Système de train d'atterrissage incluant le système de contrôle de freinage, les roues et les freins

#### **Praetor 600**

- Vanne de pressurisation

#### **Super Tucano**

- Composants de système d'air

#### **Tucano**

- Composants de système d'air

## FAdeA

---

### IA-63 Pampa III

- Actionneurs et autres équipements clés de commandes de vol primaires et secondaires
- Équipements des systèmes de conditionnement d'air, de chauffage et de ventilation
- Équipements du système de train d'atterrissage

## HAL

---

### Dornier 228

- Actionneur de train d'atterrissage
- Système de commande des becs
- Système de commande de direction du train d'atterrissage avant

### HJT 36

- Système de pressurisation cabine

### Jaguar

- Système de pressurisation cabine

### Tejas

- Système de pressurisation cabine

## IAI

---

### G200

- Composants du système de pressurisation cabine
- Système de commandes de vol secondaires

## Irkut Regional Aircraft

---

### SuperJet 100

- Système de commandes de vol électriques
- Système d'air intégré

## Leonardo (Aircraft)

---

### C27-J

- Système de pressurisation cabine
- MELTEM III-MMI Groupe de refroidissement
- MELTEM III-MMI Système de refroidissement auxiliaire

### M-346

- Système de commande de direction du train d'atterrissage avant Longview/De Havilland Canada
- Système du train d'atterrissage avant
- Système du train d'atterrissage principal

### Q400

- Système de pressurisation cabine

## Mitsubishi Heavy Industries

---

### CRJ700 / 900

- Système d'air intégré
- Tuyauteries haute et basse pression

### CRJ1000

- Système de commande de gouverne de direction électrique
- Système d'air intégré
- Tuyauteries haute et basse pression

## RUAG Aerospace

---

### Dornier 228 New Generation

- Actionneurs de trains d'atterrissage
- Système de commande des volets
- Système de commande de direction du train d'atterrissage avant

## Textron Beechcraft

---

### 750 / 850XP / 900XP

- Système de pressurisation cabine

## TRJet

---

### 328 Series

- Système d'air
- Sous-système de commande des volets et actionneur de spoiler

# Participation aux programmes

---

## Hélicoptères – Réacteurs – Actionneurs – Pods – Applications spatiales

### Airbus (Helicopters)

---

#### AS350 / 355 Ecureuil

- Composants du système de conditionnement d'air
- Engrenages pour boîte de transmission principale

#### AS365

- Système de conditionnement d'air

#### BK117

- Engrenages pour boîte de transmission
- Génération de puissance hydraulique
- Servocommande de rotor principal et de queue

#### H120

- Composants du système de conditionnement d'air

#### H130

- Système de conditionnement d'air

#### H135 / H135M

- Engrenages pour boîte de transmission
- Génération de puissance hydraulique
- Servocommande de rotor principal et de queue

#### H145

- Boîte de transmission de rotor anti-couple
- Engrenages pour boîtes de transmission
- Génération de puissance hydraulique
- Servocommande de rotor principal et de queue

#### H160

- Actionneurs du rotor principal
- Boîte de transmission du rotor de queue
- Composants du système de conditionnement d'air
- Vanne de chauffage

#### H175

- Composants du système de conditionnement d'air

#### H225 / H225M

- Composants du système de conditionnement d'air
- Système de chauffage

#### NH90

- Contrôleur d'actionnement
- Réducteur de groupe auxiliaire de puissance
- Servocommande de rotor principal et de queue
- Vannes de conditionnement d'air

#### Tiger

- Engrenages pour boîte de transmission du rotor de queue
- Système de conditionnement d'air
- Servocommande de rotor principal et de queue
- Train d'atterrissage arrière

#### UH-72A Lakota LUH

- Bâche et bloc vannes hydrauliques
- Engrenages pour boîte de transmission
- Servocommande de rotor principal et de queue

### AVIC HAIG

---

#### AC 312

- Système de conditionnement d'air

### Boeing

---

#### MH-139

- Système de conditionnement d'air
- Système de train d'atterrissage

### Cobham

---

#### Cobham Mission Equipment POD

- Système d'enroulement/déroulement du tuyau d'avitaillement

### HAL

---

#### ALH

- Systèmes de chauffage et de ventilation

### IAI

---

#### Elta

- Unité de climatisation pour pod

### Kamov

---

#### KA-226T

- Système de conditionnement d'air



## Korean Aerospace Industries

---

### **KHP**

- Système de pressurisation cabine

### **KT-1**

- Système de prélèvement d'air moteur
- Système de pressurisation cabine
- Système de ventilation

## Leonardo (Helicopters)

---

### **AW109**

- Système de conditionnement d'air

### **AW139**

- Système de conditionnement d'air
- Système de train d'atterrissage

### **AW149 / AW189**

- Système de conditionnement d'air
- Système de train d'atterrissage
- Actionneur de commande de vol électrique de rotor principal et de rotor anti-couple

### **AW169**

- Système de conditionnement d'air

### **T129**

- Système de conditionnement d'air

## NORDAM

---

### **A320neo Nacelle**

- Vanne d'antigivrage

## Northrop Grumman

---

### **Litening**

- Système de refroidissement pour pod

## Rafael

---

### **Litening**

- Groupe de refroidissement pour pod

## Rolls-Royce

---

### **Pearl 700**

- Ensemble des composants pneumatiques

### **Trent 7000**

- Clapet anti-retour haute pression

### **UltraFan®**

- Boîte de transmission de puissance\*
- Vanne de régulation de température

\* En coopération avec Aerospace Transmission Technologies GmbH - une coentreprise entre Liebherr-Aerospace et Rolls-Royce

## Spirit AeroSystems

---

- Système d'actionnement d'inverseur de poussée pour le moteur Rolls-Royce Pearl® 10X

## Thales

---

### **Damocles**

- Système de refroidissement pour pod

### **RECO NG**

- Système de refroidissement pour pod

### **MELTEM II**

- Système de refroidissement auxiliaire

### **Thales Alenia Space / CNES**

- Évaporateurs et condenseurs pour la gestion thermique de la boucle de refroidissement à pompage mécanique

## Turkish Aerospace

---

### **Turkish Light Utility Helicopters (TLUH)**

- Système de conditionnement d'air
- Système de refroidissement d'huile

## VR-Technologies

---

### **VRT-500**

- Système de conditionnement d'air



# Technologies futures

---

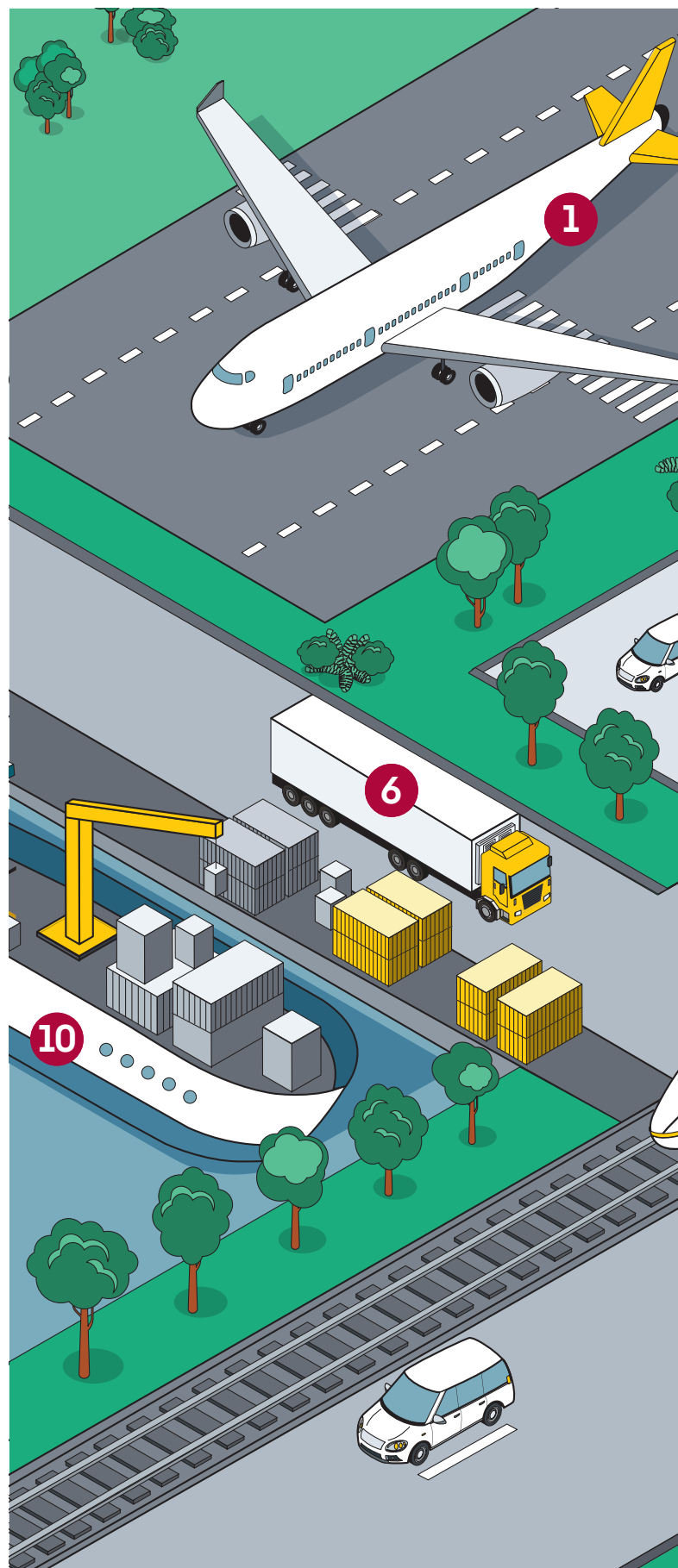


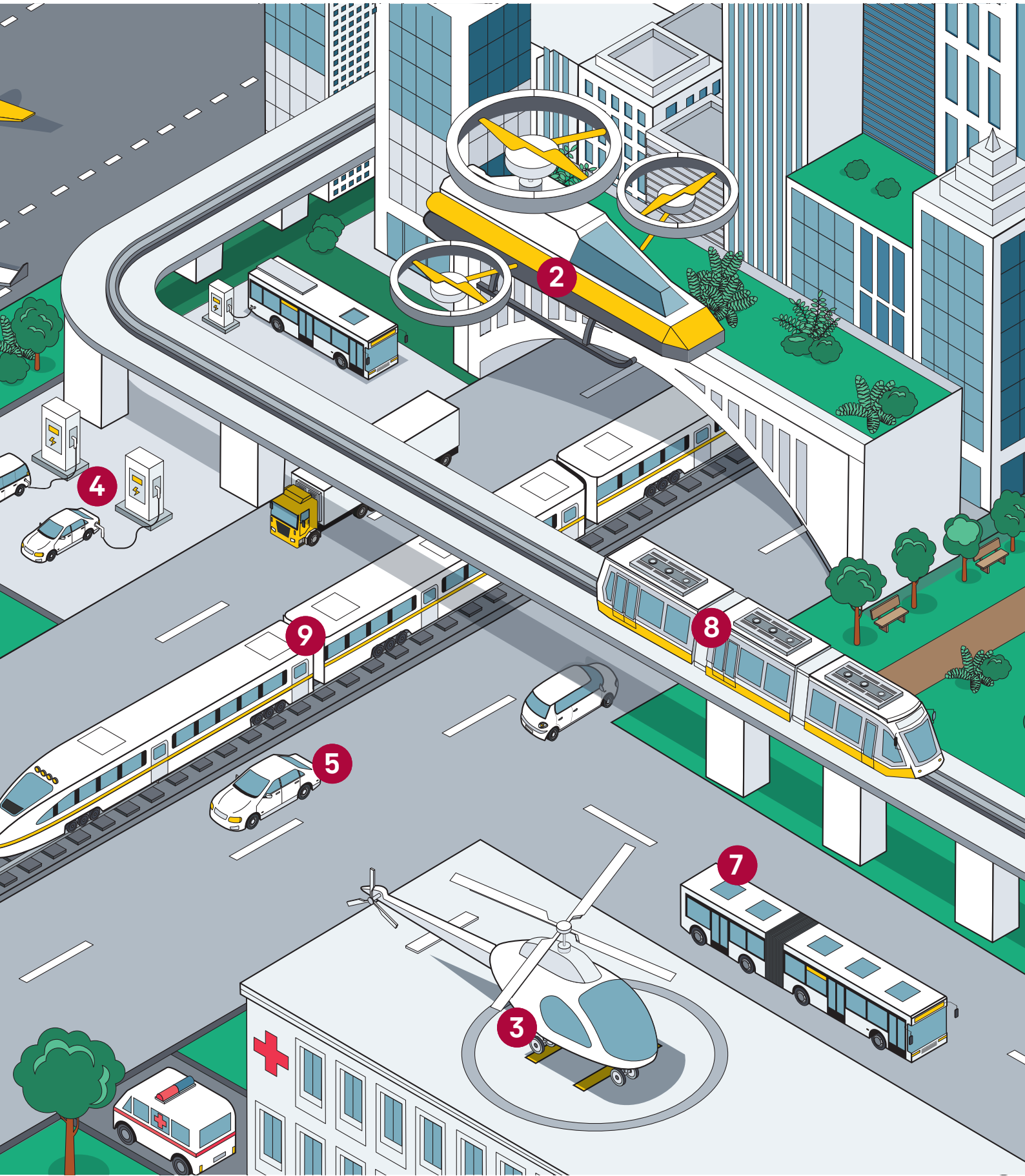
# L'avenir du transport

Liebherr développe actuellement les technologies qui permettront aux véhicules de demain de mener à bien leur mission. Que ce soit dans les airs, sur la route, sur les rails, sur l'eau ou même dans l'espace, les véhicules du futur devront être plus efficaces, plus fiables et plus écologiques.

Les technologies développées par Liebherr dans nos domaines d'expertise – gestion thermique, gestion de l'énergie, commande de vol et actionnement, trains d'atterrissage, électronique – contribueront largement à ce que les véhicules de demain soient plus propres, plus sûrs, plus légers, plus silencieux et plus économes.

L'électrification jouera un rôle majeur dans cette évolution, tout comme la production d'hydrogène et la propulsion à l'hydrogène, ainsi que la résolution des problèmes de gestion thermique associés : l'électronique embarquée devenant de plus en plus compacte et dense, les problèmes de dissipation de la chaleur deviendront des facteurs limitants et devront être traités comme des sujets spécifiques.





# Avions

1



## Technologies pour avions plus électriques

L'augmentation de l'efficacité et la réduction du poids ne sont que deux des nombreux avantages des avions plus électriques. Liebherr développe des solutions qui réduiront les émissions de CO<sub>2</sub> et de NOx ainsi que la pollution sonore. Le **projet ESTER** (Electro-hydraulic Steering, Extension and Retraction System) vise à améliorer les trains d'atterrissage des avions en utilisant des actionneurs électro-hydrauliques pour les fonctions de rétraction/extension et de direction.

Liebherr travaille également sur la plate-forme de démonstration **E-WING** qui intègre le concept d'avion plus électrique, avec un laboratoire comprenant une salle de contrôle, un banc de système de commande de vol et le banc ESTER.

L'entreprise développe également des solutions techniques qui supprimeront totalement la déperdition d'air des moteurs de l'avion. Les systèmes d'air et d'antigivrage, actuellement pneumatiques, deviendront des systèmes électriques. Les systèmes électriques permettront de réduire la consommation de carburant et les émissions associées.

## Gestion thermique

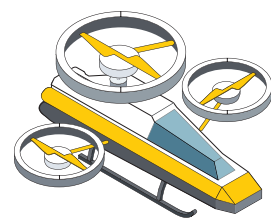
Les systèmes de conditionnement d'air, par exemple, sont l'un des principaux consommateurs d'énergie à bord d'un avion. C'est pourquoi Liebherr construit un démonstrateur de **système de conditionnement d'air électrique (eECS)** en collaboration avec Airbus et 12 autres consortiums dans le cadre du programme de recherche européen Clean Sky. Au lieu de prélever l'air du moteur, l'eECS utilise l'air ambiant à l'extérieur de l'avion pour assurer la pressurisation et le conditionnement d'air.

Les ingénieurs de Liebherr-Aerospace, d'Airbus et du Centre National de Recherche Aéronautique et Spatiale de la République Fédérale d'Allemagne (DLR) ont coopéré dans le cadre du programme Clean Sky pour trouver des solutions afin de répondre à l'augmentation significative des charges thermiques et de la densité de chaleur à bord des avions. L'idée : dissiper la chaleur grâce à un **échangeur de chaleur appelé « échangeur de peau »** développé par Liebherr-Aerospace à l'aide de liquides de refroidissement. Nos spécialistes ont conçu un banc d'essai permettant de simuler les charges thermiques dans l'avion et d'alimenter l'échangeur de peau en liquide de refroidissement. L'échangeur de peau et le système de

boucle liquide fonctionnent de manière totalement indépendante des autres systèmes de l'aéronef. Liebherr-Aerospace s'efforce d'améliorer le processus de production afin de permettre la production en série de l'échangeur de chaleur et de réduire le poids du système en utilisant des matériaux composites.

## Énergie des piles à combustible

L'utilisation d'hydrogène à bord d'un avion pour la propulsion ou la production d'électricité devrait devenir une réalité au cours des 15 prochaines années. Liebherr investit dans la recherche et le développement pour participer à cette révolution. L'objectif est de créer un **système de production d'énergie basé sur la technologie des piles à combustible** qui fournisse de l'électricité à tous les systèmes de l'avion. Cela soulagera les futurs moteurs d'avion de toutes les consommations annexes, qui expliquent l'efficacité limitée des moteurs aujourd'hui.

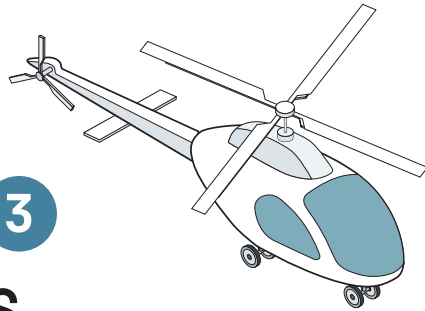


# Taxis aériens

2

Les taxis aériens et les véhicules de mobilité urbaine permettront de se déplacer dans et entre les villes de manière durable. Liebherr travaille à différentes technologies pour faire de ce futur une réalité : les taxis aériens s'appuieront sur de nouvelles technologies de propulsion telles que l'hydrogène. Liebherr développe à cet effet un **système de production d'énergie aéronautique embarqué**. Quelle que soit la technologie de propulsion, tous ces véhicules s'appuieront sur des **systèmes d'entraînement électrique de grande puissance**. La gestion thermique de ces technologies électriques nécessitera des systèmes spécialement conçus pour relever ces défis, systèmes actuellement développés par Liebherr. Enfin, le contrôle du vol de ces véhicules exigera une **électronique de contrôle de vol et un actionnement des commandes de vol** très fiables et très maniables, dont la technologie est également en cours de développement chez Liebherr.

3



# Hélicoptères

## Pièces imprimées en 3D

Dès 2017, Liebherr-Aerospace a reçu l'autorisation de l'Office fédéral allemand de l'aviation (Luftfahrtbundesamt, LBA) de produire des composants par fabrication additive. La fabrication additive permet de concevoir et de produire des **structures légères à haute résistance** pour les hélicoptères, qui ne peuvent pas être fabriquées avec les méthodes de production classiques.

## Groupes hydrauliques

Une solution pour optimiser l'architecture système est la production décentralisée d'énergie hydraulique par des groupes hydrauliques électriques. Le groupe hydraulique est alimenté à l'électricité et fournit localement l'énergie hydraulique à l'endroit où elle est nécessaire, par exemple pour la direction, l'extension et la rétraction ou le freinage des trains d'atterrissage. La conception intégrée permet un **montage modulaire facile** dans l'hélicoptère.

## Qualité de l'air

La qualité de l'air de la cabine est un sujet de plus en plus important pour l'exploitation des hélicoptères. L'enjeu est de préserver la santé de l'équipage et des passagers en éliminant les COV (composés organiques volatils) à l'aide d'une technologie de filtration. Liebherr-Aerospace réfléchit à des solutions actives pour **l'élimination des polluants** associées à des technologies de capteurs pour la **surveillance de la qualité de l'air**.

## Train d'atterrissage électrique

Les ingénieurs de Liebherr ont développé un actionneur électromécanique (EMA) destiné à être utilisé dans un train d'atterrissage d'hélicoptère. Comme un actionneur hydraulique, il assure la rétraction du train d'atterrissage de l'hélicoptère après le décollage et son extension avant l'atterrissage. La différence est qu'avec un EMA, **l'alimentation hydraulique n'est plus nécessaire**.

## Commandes de vol électriques

Avec le programme de l'hélicoptère NH90, Liebherr-Aerospace a développé le premier système de commandes de vol électriques pleine autorité, qui est depuis entré dans la phase de production en série. Liebherr a poursuivi le développement avec un **système de commandes de vol électriques intégré** au banc d'essai technologique ACT-FHS installé sur un H135 et exploité par le Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique (DLR).

## Amélioration du confort de la cabine

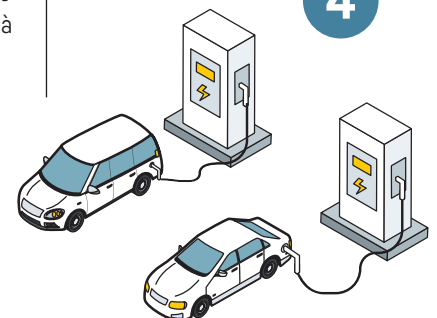
La régulation de la température peut être améliorée à bord d'un hélicoptère grâce à un **système de cycle vapeur utilisant** une pompe à jet avec une surface de buse variable et un mode bizona pour desservir au mieux toutes les sections de la cabine. L'efficacité énergétique est améliorée par une nouvelle technologie de compresseur, tel que le compresseur cycle à air à spirale double capacité (technologie asynchrone) ou à vitesse variable (technologie synchrone).

# Véhicules électriques

## Refroidissement pour les stations de recharge rapide

Liebherr-Transportation Systems a développé une **unité de refroidissement active** spéciale pour les stations de recharge. Des prototypes ont déjà été testés par ITT Cannon à Weinstadt (Allemagne), l'un des principaux fabricants de fiches et de connecteurs, ainsi que par Efacec Electric Mobility, Moreira da Maia (Portugal). Ils ont été installés dans le premier réseau de chargeurs haute puissance aux États-Unis et en Europe. Le réseau a une puissance de sortie de 350 kW, une intensité maximale de 350 A et une haute tension de 1000 V. La technologie de Liebherr permet de refroidir le câble de charge haute performance et le connecteur de manière fiable quelles que soient les conditions environnementales. L'entreprise travaille déjà sur d'autres unités pour répondre à la demande croissante d'installations de chargeurs dans le monde.

4



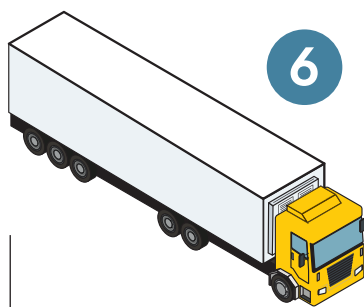
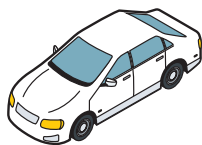
# Véhicules à pile à combustible

## Compresseurs électriques

Liebherr collabore avec les principaux constructeurs automobiles pour développer la prochaine génération de véhicules à pile à combustible. Liebherr-Aerospace a utilisé la **technologie des paliers à air pour compresseurs centrifuges** afin de fournir de l'air comprimé et pressurisé au système de pile à combustible. Cette technologie, initialement développée pour les activités aéronautiques, est alimentée par un moteur électrique à grande vitesse.

Les compresseurs motorisés de Liebherr répondent aux exigences strictes des systèmes de piles à combustible pour l'industrie automobile : robustes, compacts et très efficaces, ils ne nécessitent pas d'huile, génèrent peu de coûts et d'émissions sonores et offrent une réponse dynamique rapide.

5



# Remorques Bus

## Système de refroidissement

Krone et Liebherr ont conclu un partenariat pour le développement, la vente et la maintenance de groupes frigorifiques en 2019. Liebherr développe, fabrique et fournit des **groupes frigorifiques pour le transport routier à température contrôlée**. Krone les installe dans ses semi-remorques frigorifiques et les propose à ses clients sous forme de package complet. Grâce à son vaste réseau de service européen, Krone est également en mesure de proposer des services spécialisés de maintenance et de réparation et de fournir rapidement des pièces de rechange pour tous les aspects du nouveau **système de refroidissement innovant CELSINEO**. Le concept breveté de Liebherr offre aux utilisateurs une solution de prochaine génération. La conception modulaire entièrement repensée garantit disponibilité maximale, rentabilité et simplicité d'entretien.

## Refroidissement de batterie

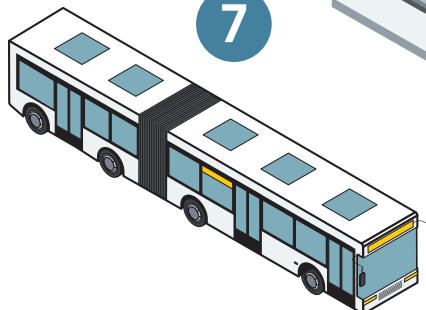
Liebherr propose des systèmes de refroidissement pour les batteries lithium-ion utilisées dans les bus électriques. Les systèmes de refroidissement garantissent que les batteries lithium-ion fonctionnent dans des conditions thermiques optimales afin d'améliorer à la fois les conditions de fonctionnement et la durée de vie des batteries.

Le système écologique qui utilise la technologie Liebherr contribuera à réduire considérablement l'empreinte carbone du transport urbain et offrira aux passagers un mode de déplacement silencieux dans les centres-villes.

## Compresseurs électriques

Liebherr-Aerospace Toulouse est chargé de la conception et du développement des compresseurs embarqués à bord des navettes à hydrogène fabriquées par un constructeur chinois. Les compresseurs sont conçus pour être totalement écologiques, puisqu'ils alimentent les systèmes de propulsion à pile à combustible en ne rejetant que de l'eau et de la chaleur.

7

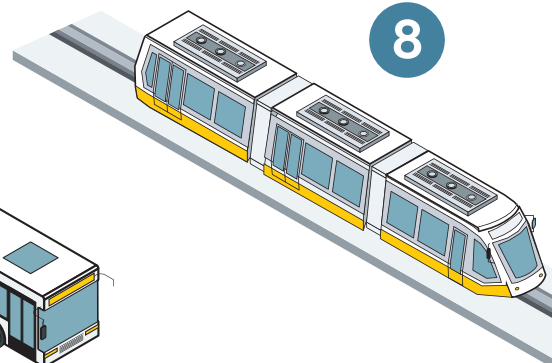


# Véhicules ferroviaires urbains

## Système de climatisation modulaire

Liebherr a développé un système de climatisation modulaire (MACS), qui répond aux exigences les plus strictes de l'industrie ferroviaire. Le MACS 8.0 offre un degré de standardisation élevé et présente une densité de puissance frigorifique de 70 % supérieure aux systèmes traditionnels, tout en consommant 8 % d'énergie en moins. Son architecture modulaire offre flexibilité et adaptabilité pour différentes applications de matériel roulant.

8





# Voitures de train

## Technologie à cycle à air

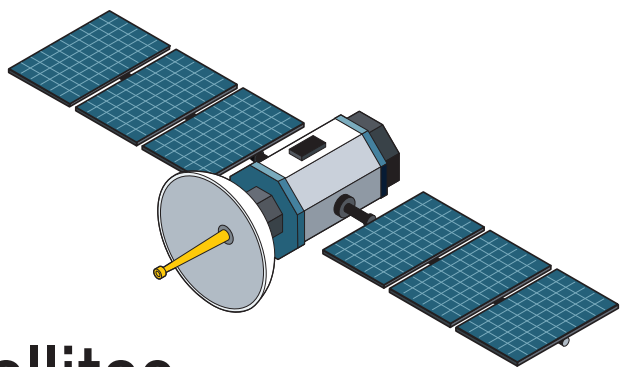
La technologie à cycle à air est la seule alternative durable et écologique à avoir fait ses preuves dans le transport de passagers. Liebherr a utilisé cette technologie pour développer un **système de climatisation à cycle à air** pour voitures de train. Il fonctionne entièrement sans réfrigérant et utilise simplement l'air ambiant pour le refroidissement. Le système s'est avéré extrêmement efficace dans le transport quotidien de passagers. La consommation d'énergie est extrêmement faible par rapport aux systèmes traditionnels. Cela a été vérifié notamment par des mesures comparatives effectuées par la Deutsche Bahn. Liebherr est donc encouragé à développer la technologie à cycle à air afin de la rendre utilisable pour un plus large éventail d'applications. Liebherr travaille également en parallèle à un système de climatisation CO<sub>2</sub> et poursuit ainsi une double stratégie de recherche afin que les systèmes de climatisation de dernière génération et les systèmes existants puissent à l'avenir refroidir de manière plus écologique.

## Les compresseurs d'air à grande vitesse

Les compresseurs d'air à grande vitesse de Liebherr intègrent une technologie unique de paliers à air permettant de garantir que l'air injecté dans la pile à combustible ne contienne pas d'huile susceptible de dégrader les performances de la membrane. Ces compresseurs compacts seront utilisés dans le transport ferroviaire pour fournir de l'air comprimé aux systèmes de propulsion alimentés par des piles à combustible. La pile à combustible n'émettra pas de CO<sub>2</sub> et constituera ainsi une alternative pour une nouvelle génération de trains.

Liebherr propose un **système de direction radiale active** appelé LiCAS. Ce système de commande électro-hydraulique dirige activement les essieux des bogies et adapte l'ensemble des roues au rayon de courbure du rail dans les virages. Chaque roue est placée de manière optimale sur la voie, ce qui réduit les contraintes sur le réseau. La faible résistance au roulement réduit la consommation d'énergie et les exploitants de trains peuvent prolonger la durée de vie de leurs véhicules.

9



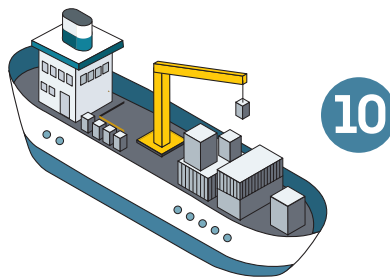
# Satellites

Liebherr développe avec le constructeur spatial européen Thales Alenia Space et le Centre National d'Études Spatiales (CNES) la gestion thermique de la boucle de refroidissement à pompage mécanique (MPL) des satellites.

Les partenaires développent des capacités de production industrielle et de co-conception d'évaporateurs et de condenseurs. Il s'agit de composants clés du système de refroidissement de la charge utile et de la plateforme du satellite de télécommunica-

tions nouvelle génération. Ce système a pour fonction la gestion active de la dissipation de la chaleur électronique.

Intégrés à une MPL innovante, ces composants fonctionneront en orbite pendant au moins 15 ans sans maintenance. Ils devront fonctionner parfaitement pendant cette période, et en particulier fournir des performances d'échange thermique élevées. Ils devront pour cela être robustes, totalement étanches, et extrêmement fiables.



# Applications maritimes

Les navires doivent faire évoluer leurs systèmes de propulsion et de production d'énergie vers des technologies qui ne nuisent pas à l'environnement. En particulier, les navires du futur devront utiliser des **systèmes de génération d'énergie embarqués** qui ne polluent pas lorsqu'ils resteront dans les

ports pendant plusieurs heures ou plusieurs jours d'affilée. Les technologies développées par Liebherr pour les systèmes de production d'énergie par **piles à combustible** permettront à ces navires de produire de l'énergie à bord sans générer d'émissions de CO<sub>2</sub>.

# Des étapes innovantes vers la mobilité hydrogène

**L'engagement de Liebherr-Aerospace pour développer des technologies en faveur de la mobilité verte va bien au-delà de son activité principale, les composants aéronautiques. Grâce à la coopération entre Liebherr-Aerospace Toulouse SAS (France) et Liebherr-Elektronik GmbH (Allemagne), l'entreprise avance à toute vitesse dans la diversification des produits et renforce son expertise dans les turbocompresseurs électriques pour d'autres applications telles que l'automobile, le maritime et le ferroviaire.**

Au second semestre 2020, Liebherr a livré les premiers compresseurs d'air à pile à combustible pour le nouveau modèle de monospace EUNIQ 7 de Maxus Automotive, du constructeur automobile chinois Shanghai Automobile Group (SAIC). Liebherr-Aerospace et Liebherr-Elektronik étaient chargés de la conception, du développement et de la production des composants clés des compresseurs compacts qui alimentent les systèmes de propulsion à pile à combustible en émettant uniquement de l'eau et de la chaleur.

« Liebherr s'est préparé à l'avenir. Nous avons développé cette technologie non seulement pour les voitures, mais aussi pour les véhicules utilitaires et de construction, les camions longue distance, les bus, les véhicules ferroviaires et maritimes, ainsi que les applications aéronautiques », explique Willem de Grooth, directeur du développement commercial chez Liebherr-Aerospace Toulouse. « En fonction de l'architecture intégrée du système de pile à combustible, nos compresseurs peuvent fonctionner de façon autonome avec un compresseur pour une pile, ou avec un compresseur pour deux piles alignées. »

## Une approche système globale

Selon Malek Chakri, responsable du programme des nouveaux compresseurs à Liebherr-Aerospace Toulouse, « la technologie est fiable et facile à intégrer dans le véhicule. Le développement de ces différents compresseurs repose sur une approche de conception système associant le compresseur et l'électronique de puissance gérée par Liebherr-Elektronik. Les deux systèmes sont développés et produits en interne. Ce développement combiné présente plusieurs avantages pour nos clients : durabilité, haute fiabilité, performances de fonctionnement optimisées et intégration simplifiée du système dans le véhicule. Nous avons développé une bonne gamme de systèmes et de compresseurs, de 15 à 55 kW. Nous proposons une conception optimisée du turbocompresseur pour répondre aux exigences spécifiques du client et réduire le poids et les coûts. »



SAIC Maxus EUNIQ 7

## Des turbocompresseurs pour un véhicule commercial à pile à combustible au Royaume-Uni

Liebherr-Aerospace Toulouse teste également des turbocompresseurs électriques à double étage de 25 kW/400 V. L'entreprise a été sélectionnée par AVL Powertrain UK Ltd., l'une des plus grandes sociétés privées dédiées au développement de systèmes de propulsion et d'essai, pour fournir les turbocompresseurs destinés au développement d'un véhicule utilitaire démonstrateur électrique à pile à combustible en collaboration avec Ford UK, dans le cadre du projet APC UK, « Fuel-cell Commercial Vehicle Generation 1.0 ».

AVL Powertrain UK et Ford Motor Company espèrent présenter ce véhicule utilitaire à propulsion par pile à combustible à l'automne 2021. Les premiers turbocompresseurs ont été livrés en janvier 2021 pour une phase de tests de six semaines sur banc d'essai, qui sera suivie d'une deuxième campagne de tests sur le véhicule. « Le support technique fourni par Liebherr a été d'excellente qualité et très proactif, permettant ainsi de répondre non seulement aux exigences techniques du projet, mais aussi de respecter les délais très serrés », déclare Bernadette Longridge, responsable du centre d'ingénierie chez AVL Powertrain UK Ltd.

### Production et services locaux

« Nous sommes proches du marché, avec des sites de production en Europe et en Chine. Pour accompagner nos clients, nous allons produire de plus en plus localement pour leur offrir les meilleurs services. Nos sites de production sont ou seront implantés en Europe et en Chine pour être au plus près de nos clients et soutenir la croissance dynamique du marché des piles à combustible. Pour faire face à cette croissance, Liebherr a préparé sa gamme de produits et ses processus à un volume plus important. Le tout en offrant une capacité d'usinage de machines entièrement intégrée, ce qui permet une grande flexibilité pendant le développement et pendant la phase de production », souligne Malek Chakri.

Liebherr avait déjà fourni un compresseur électrique à SAIC pour le système de pile à combustible à hydrogène des navettes de transport de passagers dans deux des principaux aéroports de Shanghai. Les bus ne sont toutefois que la première étape du projet mené par SAIC et le Shanghai Airport Group, qui ont signé un accord pour étendre l'utilisation de la pile à combustible aux véhicules d'assistance au sol et aux équipements d'entretien des routes.

L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) voit dans le soutien aux véhicules électriques l'une des politiques clés en matière de transport pour parvenir à une croissance verte. Dans le cadre de sa démarche de RSE et de sa planification stratégique, Liebherr se positionne comme une entreprise innovante entièrement dédiée au développement de technologies permettant de réduire les conséquences négatives du

transport sur le climat. À cette fin, Liebherr a établi des partenariats avec plusieurs organisations s'accordant sur les mêmes principes à la recherche de solutions produits vectrices de valeur ajoutée en termes de performance, tout en réduisant activement les coûts financiers et environnementaux.

**« Liebherr s'est préparé à l'avenir. Nous avons développé cette technologie non seulement pour les voitures, mais aussi pour les véhicules utilitaires et de construction, les camions longue distance, les bus, les véhicules ferroviaires et maritimes, ainsi que les applications aéronautiques. »**

**Willem de Grooth**

Directeur du développement commercial chez Liebherr-Aerospace Toulouse



Willem et Malek présentent le turbocompresseur.



**Publié par :** Liebherr-International Deutschland GmbH · 88400 Biberach an der Riss · Allemagne  
Imprimé en Allemagne. Sujet à modification. Reproduction même partielle interdite sans l'autorisation écrite préalable de l'éditeur.

**Copyrights et crédits des illustrations :** Dassault Aviation – A. Pecchi (1), shutterstock – ArtisticPhoto (25), Dassault Aviation (30, 31, 33), Dassault Aviation – S. Randé (32), Boeing (34, 35), Airbus SAS-computer rendering Fixion photo by Dreamstime MMS (36), COMAC (37), Embraer (37), Rolls-Royce plc (38, 39), shutterstock – Sushaaa (50), iStock - RomoloTavani, SAIC (66)  
Les exigences locales liées à la pandémie du coronavirus ont été respectées.

[www.liebherr.com](http://www.liebherr.com)