

ÉTUDES ÉCONOMIQUES

PROSPECTIVE

Industrie du futur : enjeux et perspectives pour la filière
aéronautique

Rapport final

Date de parution : Décembre 2018
Couverture : Hélène Allias-Denis, Brigitte Baroin
Édition : Martine Automme, Nicole Merle-Lamoot

ISBN : 978-2-11-152633-4
ISSN : 2491-0058

Industrie du futur : enjeux et perspectives pour la filière aéronautique



Rapport final

Le Pôle interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations économiques (Pipame) a pour objectif d'apporter, en coordonnant l'action des départements ministériels, un éclairage de l'évolution des principaux acteurs et secteurs économiques en mutation, en s'attachant à faire ressortir les menaces et les opportunités pour les entreprises, l'emploi et les territoires.

Des changements majeurs, issus de la mondialisation de l'économie et des préoccupations montantes comme celles liées au développement durable, déterminent pour le long terme la compétitivité et l'emploi, et affectent en profondeur le comportement des entreprises. Face à ces changements, dont certains sont porteurs d'inflexions fortes ou de ruptures, il est nécessaire de renforcer les capacités de veille et d'anticipation des différents acteurs de ces changements : l'État, notamment au niveau interministériel, les acteurs socio-économiques et le tissu d'entreprises, notamment les PME. Dans ce contexte, le Pipame favorise les convergences entre les éléments microéconomiques et les modalités d'action de l'État. C'est exactement là que se situe en premier l'action du Pipame : offrir des diagnostics, des outils d'animation et de création de valeur aux acteurs économiques, grandes entreprises et réseaux de PME/PMI, avec pour objectif principal le développement d'emplois à haute valeur ajoutée sur le territoire national.

Le secrétariat général du Pipame est assuré par la sous-direction de la Prospective, des Études et de l'Évaluation Économiques (P3E) de la direction générale des Entreprises (DGE).

Les départements ministériels participant au Pipame sont :

- le ministère de l'Économie et des Finances ;
- le ministère de la Transition écologique et solidaire ;
- le ministère de la Cohésion des territoires
- le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation ;
- le ministère des Armées ;
- le ministère de l'Europe et des Affaires étrangères ;
- le ministère du Travail ;
- le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation ;
- le ministère des Sports ;
- le ministère de l'Intérieur ;
- le ministère des Solidarités et de la Santé ;
- le ministère de la Culture ;
- le Commissariat général à la stratégie et à la prospective (CGSP), rattaché au Premier ministre.

Avertissement

La méthodologie utilisée dans cette étude ainsi que les résultats obtenus relèvent de la seule responsabilité du prestataire ayant réalisé cette étude, le *Boston Consulting Group (BCG)*. Ils n'engagent ni le PIPAME, ni la Direction générale des entreprises (DGE), ni le ministère des Armées, ni le Groupement des industries françaises aéronautiques et spatiales (Gifas). Les parties intéressées sont invitées, le cas échéant, à faire part de leurs commentaires à la DGE.

MEMBRES DU COMITÉ DE SUIVI

Adrien KIPPELIN	DGE
Nicolas MASSIEU	DGE
Alice MÉTAYER-MATHIEU	DGE
Christophe MEILHAC	DGE
Ange MUCCHIELLI	DGE
Laetitia STEFFEN	DGE
Simon DESINDES	DGA
Michel MIDON	DGA
Alain DURAND	DGA
Bernard ESPANNET	GIFAS
Philippe DUJARIC	GIFAS
Christophe ROBIN	GIFAS
Jean-Michel POULIER	GIFAS
Aymeric DE LOUBENS	DGAC

PRESTATAIRE EN CHARGE DE L'ÉTUDE

La conduite des entretiens et la rédaction du présent rapport ont été réalisées par :

The Boston Consulting Group (BCG)

24-26 rue Saint-Dominique
75007 Paris
Tél. +33 (0)1 40 17 10 10
www.bcg.fr

The logo for The Boston Consulting Group, featuring the letters 'BCG' in a large, bold, green serif font.

THE BOSTON CONSULTING GROUP

Experts et consultants :

Agnès Audier
Philippe Plouvier
Moundir Rachidi

Sébastien Cailliau
Colin Godbarge

François-Henri Derrien
Alexandre Doridot
Lucie Robieux
Benjamin Soulard

REMERCIEMENTS

Nous tenons à adresser tous nos remerciements aux interlocuteurs rencontrés lors de cette mission et en particulier aux membres du « groupe Miroir ». Nous avons noté au sein de la filière aéronautique française comme auprès des organismes publics, une ambiance très positive, engagée, bâtie sur de la confiance et le respect, et un objectif commun de trouver des solutions durables pour gagner ensemble. Nous avons également remarqué des efforts importants des acteurs publics pour travailler collectivement, de façon efficace et coordonnée.

Sommaire

CADRAGE DE LA MISSION	10
Contexte, visée et structure du présent rapport.....	10
Retour sur les travaux réalisés, démarche d'analyse.....	10
VOLET 1 – LA FILIÈRE AÉRONAUTIQUE FRANCAISE FACE À UN ENJEU MAJEUR DE COMPÉTITIVITÉ	12
L'aéronautique : une industrie en croissance tirée par l'aviation civile.....	12
L'industrialisation, enjeu principal du segment civil français	20
L'export et la coopération européenne, enjeux prioritaires du segment militaire français.....	35
Une filière française complète, avec des <i>leaders</i> mondiaux au rang 1 et une majorité de PME au rang 2	41
Conclusion du panorama : la filière française fait face à un défi inédit de compétitivité et doit engager d'urgence sa transformation.....	50
VOLET 2 – L'INDUSTRIE DU FUTUR, UN LEVIER CLÉ DE TRANSFORMATION DE LA FILIÈRE	52
De nombreux leviers, dont l'utilisation des technologies de l'Industrie du Futur, peuvent améliorer la compétitivité de la filière.....	52
Les solutions Industrie du Futur sont très adaptées à certains des enjeux des entreprises de la filière.....	54
Les éléments de quantification économiques et financiers confirment l'intérêt des solutions Industrie du Futur	66
Les nouvelles technologies vont aussi modifier en profondeur l'emploi, les compétences et l'organisation des entreprises de la filière	80
VOLET 3 – UN DÉPLOIEMENT LIMITÉ AU SEIN DE LA FILIÈRE DU FAIT DE FREINS SUBSTANTIELS	90
Un constat préoccupant : une filière à deux vitesses face à l'Industrie du Futur, et une dynamique qui peine à s'enclencher.....	90
Un déploiement bridé par des freins substantiels.....	96
Pour surmonter ces freins, la filière peut s'appuyer sur sa tradition de travail collectif et sur des dispositifs existants	99
D'autres grands pays industriels ont engagé une démarche volontariste pour stimuler l'adoption des solutions Industrie du Futur	105
VOLET 4 – LA FILIÈRE DOIT ADOPTER UN PLAN AMBITIEUX ET CONCERTÉ POUR PERMETTRE UNE TRANSFORMATION RAPIDE DE SES ENTREPRISES.....	110
Les huit partis pris du plan d'action proposé	110
L'ambition : une filière « transformée » d'ici 2022.....	111
Les moyens : un investissement de la filière et des pouvoirs publics dans cinq domaines d'actions.....	114
Ce plan de déploiement doit être lancé immédiatement avec la mise en place du comité de pilotage et des premières actions.....	147
CONCLUSION.....	149
ANNEXES	150
Annexe 1 : Détails sur les travaux effectués.....	150
Annexe 2 : Matrices de synthèse des enjeux et recommandations	152
Annexe 3 : Consultation en ligne.....	156
INDEX DES ILLUSTRATIONS.....	183

CADRAGE DE LA MISSION

Contexte, visée et structure du présent rapport

La Direction Générale des Entreprises (DGE), la Direction Générale de l'Armement (DGA) et le Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales (GIFAS) ont conjointement mandaté le Boston Consulting Group (BCG) pour réaliser l'étude « Industrie du futur : enjeux et perspectives pour la filière aéronautique ». Cette étude a été conduite en relation avec le Conseil National de l'Industrie (CNI).

Cette étude a pour objectif de **proposer une stratégie de déploiement des solutions liées aux technologies industrielles et numériques du futur – aussi appelées « Industrie 4.0 » – au sein de l'ensemble de la filière aéronautique française, civile et militaire, en vue d'en renforcer la compétitivité**. Un enjeu clé consiste à aborder le déploiement des solutions « Industrie 4.0 » de manière à la fois systémique, concertée et cohérente entre les différents acteurs, afin de capter les synergies propres à une dynamique d'adoption « en filière ». Mais dans le même temps, il est bien sûr indispensable de travailler au niveau de chaque site industriel sur les enjeux de conception, de production et de distribution.

A cette fin, la présente étude livre en premier lieu un diagnostic approfondi de la compétitivité de la filière aéronautique française au regard des dynamiques de marché et des forces en présence à l'échelle mondiale (volet 1). Sont ensuite détaillées les solutions « Industrie du Futur » susceptibles de répondre aux enjeux de compétitivité spécifiques de la filière française (volet 2). L'analyse se poursuit avec l'évaluation du degré d'appropriation, à date, de ces technologies « Industrie du Futur » par la filière française et sur la nature des principaux freins qu'elle rencontre dans cette démarche d'innovation (volet 3). Elle aboutit à la formulation d'un ensemble de pistes d'action conjointes entre acteurs privés et pouvoirs publics pour accélérer l'adoption de ces solutions, au service du renforcement durable de la compétitivité de la filière aéronautique française (volet 4).

Retour sur les travaux réalisés, démarche d'analyse

Cette étude s'appuie sur de larges consultations au sein et hors de la filière aéronautique. Un effort particulier a été porté sur la participation d'industriels de la filière, en particulier les PME/PMI, pour assurer la pertinence des recommandations pour les acteurs de terrain et commencer à les mobiliser autour du projet de déploiement de l'Industrie du Futur.

Les principales sources sont :

- **Animation d'un « groupe miroir » avec trois ateliers.** Un groupe de 29 industriels de la filière, appelé « groupe miroir¹ », a été constitué pour orienter l'étude sur les sujets à fort enjeu, fournir un avis sur le contenu des travaux et proposer des pistes d'analyses et des recommandations. Il a été conçu pour refléter la diversité de la filière : il inclut des entreprises de toutes tailles (des PME aux grands groupes), des plateformes, des fournisseurs de rang 1, rang 2 et plus ainsi qu'un large spectre de métiers (fabrication d'alliages, fonderie, usinage, assemblage, fabrication de composites, traitement de surface, services...). Trois ateliers de quatre heures chacun ont réuni l'ensemble des membres sur les questions suivantes :
 1. quelles solutions « Industrie du Futur » sont pertinentes pour la filière aéronautique ?
 2. quels sont les freins auxquels les entreprises de la filière font face pour les mettre en œuvre ?
 3. quelles actions concrètes la filière peut-elle mener pour aider les entreprises à déployer les solutions ?

¹ La composition du « groupe miroir » est fournie en annexe 1.

- **Consultation en ligne auprès des entreprises de la filière aéronautique**². Une consultation en ligne a été spécifiquement administrée pour alimenter l'étude, et en particulier mesurer *de façon déclarative* le degré d'adoption des solutions Industrie du Futur dans la filière aéronautique française. Cette consultation a été diffusée auprès de 878 entreprises aéronautiques par le GIFAS et les *clusters* aéronautiques régionaux. 166 entreprises ont répondu, dont 135 de moins de 100 M€ de chiffre d'affaires. Elles couvrent l'ensemble des métiers de l'aéronautique.
- **Plus de 50 entretiens individuels**³. Les entretiens ont d'abord couvert l'ensemble des entreprises du « groupe miroir » soit 29 entretiens. Ils ont été complétés par des entretiens auprès d'autres industriels ainsi que de fournisseurs de solutions technologiques, représentant 8 entretiens. Enfin, l'équipe a interviewé des acteurs clés de la filière (GIFAS, BoostAeroSpace, Space, pôles de compétitivité), des pouvoirs publics (DGE, DGA, Direccte, Bpifrance...) et de la formation (instituts de formation, universités, campus des métiers et des qualifications...), représentant 14 entretiens au final.
- **Expérience du BCG dans l'Industrie du Futur**. Des experts en France, en Europe et aux États-Unis du BCG ont contribué à l'étude en mobilisant leur expérience de mise en œuvre de l'Industrie du Futur, dans l'aéronautique et dans d'autres secteurs industriels (notamment l'automobile). BCG a conduit plus de 250 missions dans ce domaine, à l'échelle mondiale, au cours des trois dernières années.
- **Une analyse documentaire de l'Industrie du Futur approfondie**, en France et à l'international, fondée sur des rapports BCG et externes.
- **Réunions de travail et d'échanges avec le comité de pilotage** ; avec l'organisation de quatre comités de suivi élargis et de comités de suivi restreints toutes les deux semaines. *Les dates de ces différentes réunions sont indiquées en annexe 1.*

² Le questionnaire et les résultats de la consultation sont fournis en annexe 3.

³ La liste de toutes les organisations consultées est fournie en annexe 1.

VOLET 1 – LA FILIÈRE AÉRONAUTIQUE FRANÇAISE FACE À UN ENJEU MAJEUR DE COMPÉTITIVITÉ

La filière aéronautique connaît globalement une croissance forte et des carnets de commandes fournis, tirés par le segment avions commerciaux. En parallèle, elle fait face à des exigences croissantes de performance et de flexibilité, avec une forte pression qui s'exerce sur la chaîne d'approvisionnement et en particulier les PME. Par ailleurs, certains segments comme l'aviation d'affaires, font face à des marchés plus difficiles. Ce contexte appelle à accélérer une transformation de la filière pour en maintenir l'excellence et conserver à long terme une filière complète sur le territoire français.

L'aéronautique : une industrie en croissance tirée par l'aviation civile

Segmentation des marchés (civil versus militaire)

À l'échelle mondiale, le marché de l'industrie aéronautique s'élevait à environ 330 Md\$ en 2015⁴. Il compte deux principaux segments : le segment militaire (113 Md\$, soit 34 %) et le segment civil (219 Md\$, soit 66 %).

Au sein de ces deux segments, les avions constituent la plus grande part (273 Md\$ au total, dont 210 Md\$ pour les avions civils), au côté des hélicoptères (40 Md\$) et des missiles (19 Md\$).

La production française représente une part significative sur le segment civil : son chef de fil, Airbus, a réalisé en 2016 un chiffre d'affaires de 53 Md\$⁵ sur ce segment, soit une part de marché d'environ 25 % du marché mondial. Sur le segment militaire, la production française s'élève à 7.2 Md\$ (soit 6.4 % de la production mondiale).

⁴ Données incluant les chiffres d'affaires production et après-vente, sauf pour la partie militaire qui n'intègre que la partie production.

⁵ Soit 73 % de son chiffre d'affaires total de 73 Md\$, par ailleurs constitué des segments : « hélicoptères » et « activités militaires et spatiales » à hauteur de 9 % et 18 % respectivement. Source : information financière Airbus.






Périmètre monde		Avions	Hélicoptères	Missiles
Civil	-219 Mds\$	 210 Mds\$	 9 Mds\$	n/d
Militaire	-113 Mds\$	 63 Mds\$	 31 Mds\$	 19 Mds\$
Total	-332 Mds\$	273 Mds\$	40 Mds\$	19 Mds\$

Figure 1 : Segmentation du marché de l'industrie aéronautique⁶

Les avions commerciaux (avions monocouloirs comme l'Airbus A320, les gros porteurs comme l'A350 et les très gros porteurs comme l'A380) représentent 80 % du marché mondial de l'aviation civile (soit environ 140 Md\$ en 2015). Les 20 % restants sont partagés entre les avions régionaux, qui ont moins de 100 places (5 %), et les avions d'affaires (15 %).

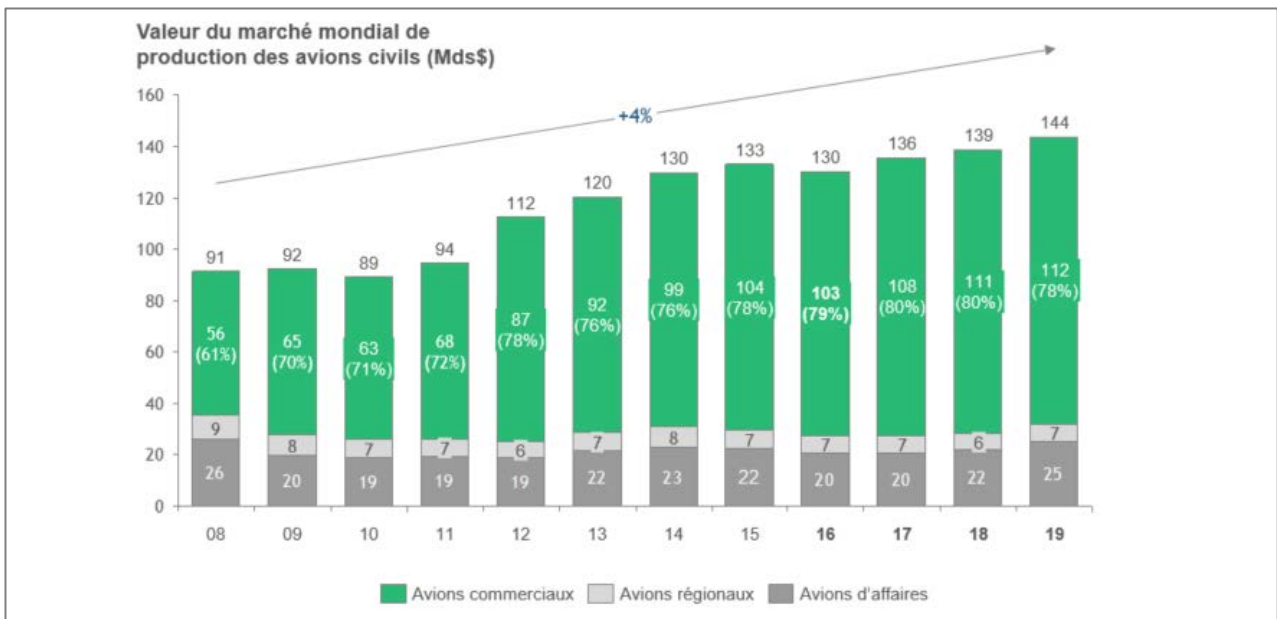


Figure 2 : Évolution de la valeur du marché mondial de production des avions civils⁷

Le sous-segment des monocouloirs constitue la plus grosse partie de l'industrie aéronautique civile avec 75 % des volumes et 50 % de la valeur du marché, et il tire largement la croissance des avions civils.

⁶ Note : données de marché 2015 incluant les chiffres d'affaires production et après-vente. Source : base de données pour l'aéronautique de Teal Group ; ICF ; Euroconsult ; SDI ; Forecast International.

⁷ Données de marchés 2015. Source : base de données pour l'aéronautique de Teal Group.

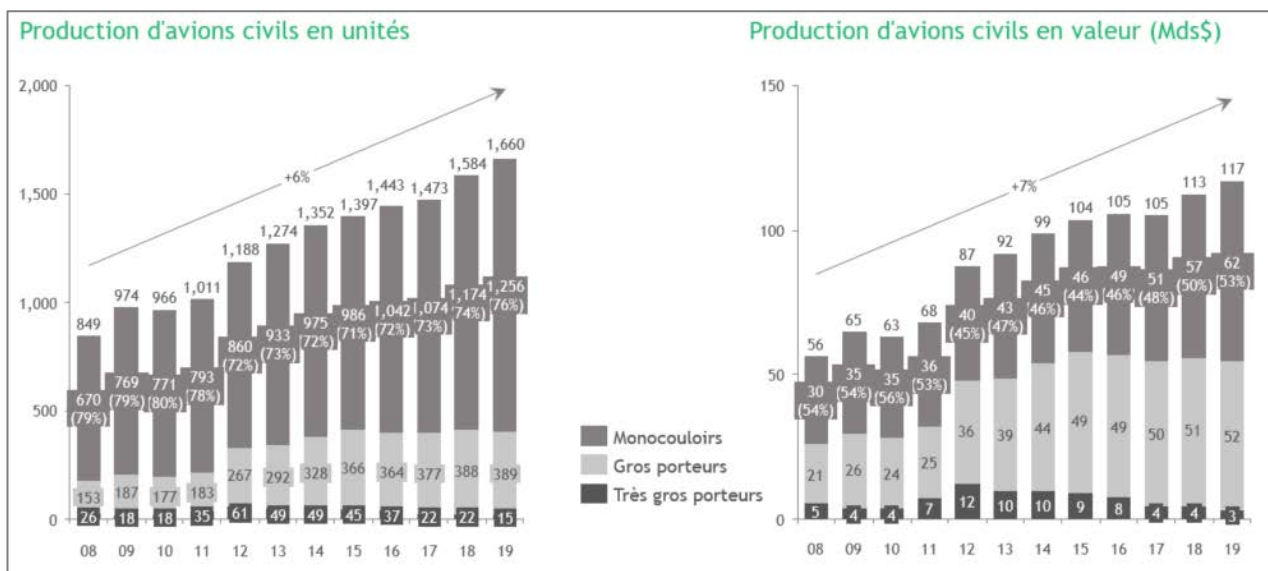


Figure 3 : Évolution de la production d'avions civils en unité et en valeur⁸

Structuration de la filière

Les acteurs de la filière aéronautique sont globalement structurés en « rangs » (certains acteurs font exception et sont positionnés à plusieurs niveaux).

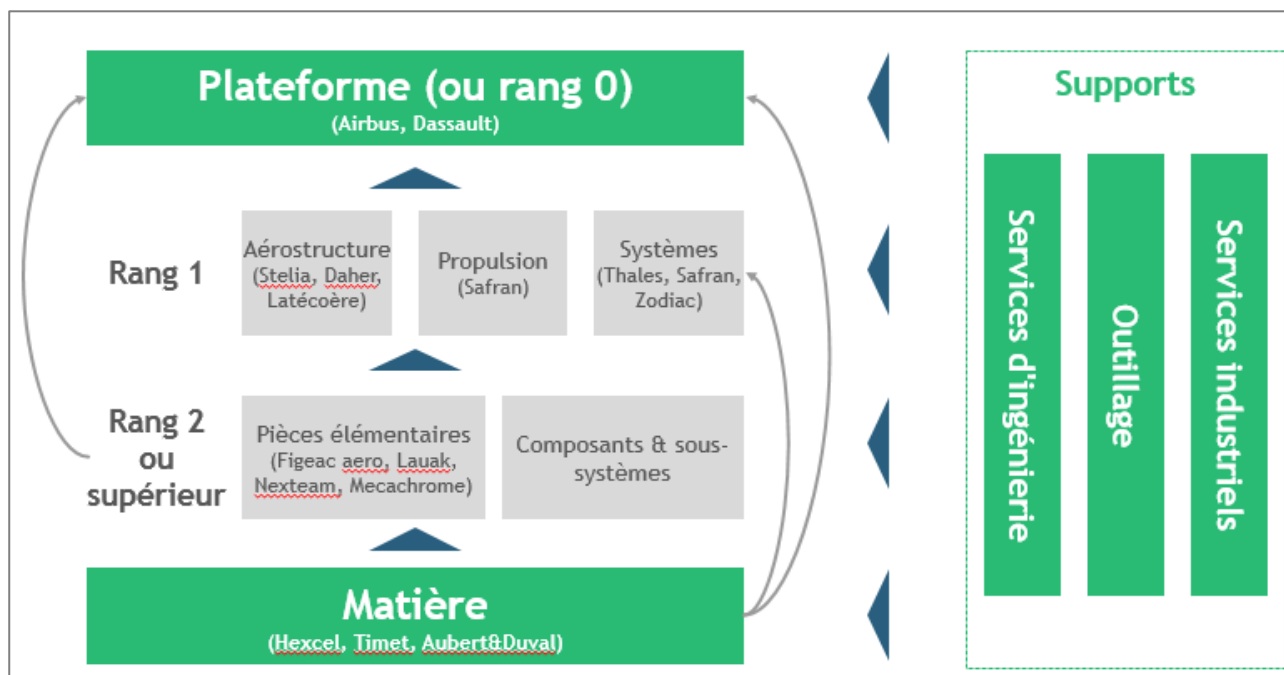


Figure 4 : Illustration de la structuration en « rangs » de la filière

Les plateformes ou donneurs d'ordres (comme Airbus ou Boeing), au rang 0, sont les entreprises qui développent les programmes, effectuent les assemblages finaux des avions et les commercialisent auprès des clients finaux, à savoir les compagnies aériennes ou les entreprises de crédit-bail.

⁸ Source : base de données pour l'aéronautique de Teal Group.

Les acteurs de rang 1 fournissent aux plateformes des ensembles, systèmes ou équipements pour intégration. Ils peuvent être divisés en filières :

- La filière Aérostructure (ex. : le Français Stelia ou l'Américain Spirit) : fuselage, ailes, empennage, nacelle, portes.
- La filière Propulsion (ex. : le Français Safran ou l'Américain Pratt & Whitney) : moteur, contrôle moteur, transmission.
- La filière Systèmes Électroniques/Avionique (ex. : les Français Thales et Safran Electronics & Defense ; ou l'Américain UTC Aerospace Systems) : communication, électronique de contrôle de vol, navigation, surveillance.
- La filière Systèmes Équipement Cabine (ex. : le Français Zodiac ou l'Américain B/E Aerospace) : sièges, divertissement à bord et connectivité, galleys/trolleys, racks, éclairage.
- Les autres systèmes incluent (ex. : Safran) : carburant, climatisation, unité de puissance auxiliaire (APU), génération et distribution électrique, hydraulique, freinage et train d'atterrissage, pneumatiques.

La position singulière des acteurs en Propulsion doit être soulignée car leurs moteurs sont effectivement assemblés par les plateformes mais sont directement vendus auprès des compagnies aériennes (ce qui est d'autant plus important pour les avions qui peuvent être équipés de deux types de moteur comme l'Airbus A320, par exemple). Il est à noter que les moteurs sont choisis au moment de la signature du contrat intervenant plusieurs années avant la livraison effective de l'avion.

À ce titre, la filière Propulsion peut donc être placée entre la position rang 0 et rang 1.

Les acteurs du rang 2 ou de rang supérieur sont concentrés sur les pièces élémentaires, les composants et sous-systèmes, qu'ils livrent aux acteurs de rang 1 ou directement aux plateformes. Si les plateformes ou acteurs de rang 1 réalisent majoritairement des métiers d'assemblage ou de réalisation d'équipements critiques, il est à noter la grande diversité de métiers réalisés chez les fournisseurs de rang 2 ou supérieur : fabrication d'alliage, tôlerie/chaudronnerie, forge/fonderie, usinage, fabrication de composite/plastique, fabrication de produits électriques/câblage, fabrication de composants électroniques, etc.

L'ensemble de ces acteurs impliqués directement dans la chaîne de fabrication sollicitent d'autres types d'acteurs qui leur fournissent des services, des prestations d'ingénierie et d'outillage pour la conception et fabrication des différents constituants.

Le travail en filière, une caractéristique du secteur

La capacité à « travailler en filière », en particulier en France et en Europe dans le domaine militaire voire au niveau mondial dans le domaine civil, est une caractéristique importante de cette industrie, qui contribue à sa compétitivité et la distingue des autres industries. Les relations entre rangs significatifs de la filière sont intimes et se manifestent à de multiples occasions tout au long des grandes phases du cycle de développement, de production, de commercialisation et de support d'un avion.

L'histoire

L'imbrication entre les acteurs des différents rangs s'explique en Europe par des raisons historiques. En effet, lors du lancement d'Airbus dans les années 1970, l'entreprise devait rapidement rattraper son retard sur Boeing et ne pouvait pas assumer seule tous les développements. Airbus a donc limité sa part de MAKE (composants fabriqués en interne) au profit d'un BUY important (composants achetés auprès de fournisseurs), en utilisant et en développant des compétences dans les différents pays européens. L'histoire de Boeing est tout autre car l'entreprise s'est formée en créant un monopole vertical qui s'est peu à peu séparé pour donner naissance à des fournisseurs importants.

Plus récemment, toujours en Europe, Airbus a entrepris de nouveaux programmes dans les années 2000 et n'a, de même, pas pu financer tous les développements. L'entreprise a alors mis en place des modèles collaboratifs reposant sur deux composantes : tout d'abord donner à de solides fournisseurs des modules de travail complets incluant leur développement (représentant un périmètre de complexité et de responsabilité plus étendu que précédemment) ; ensuite, partager avec ces fournisseurs les risques financiers et industriels des programmes développés. Ce modèle, appelé « Risk-Sharing Partner » (Partenariat à risque partagé), a été particulièrement utilisé lors du développement de l'Airbus A350.

Plusieurs travaux ont analysé cette évolution progressive des relations industrielles verticales au sein de la filière aéronautique. En particulier, Frédéric Mazaud⁹ étudie l'émergence de firmes pivots au sein de l'organisation productive d'Airbus. Pour les systèmes et équipements les plus stratégiques (ex. : électronique embarquée, certaines parties de la structure), Airbus a fait passer des sous-traitants classiques de rang 1 au rôle de partenaires stratégiques (ou firmes pivots), comme Thales ou Safran, qui co-spécifient les interfaces et déterminent conjointement le cahier des charges, conditions nécessaires à une bonne intégration de ces sous-systèmes au produit d'ensemble et à leur interconnexion. En parallèle, Airbus a gardé davantage un rôle de donneur d'ordres dans sa relation aux équipementiers moins stratégiques, en spécifiant les interfaces et le cahier des charges, et en ne laissant que peu de marge de manœuvre à ces sous-traitants.

La Recherche, le développement et l'innovation

Au-delà du développement des programmes, les acteurs travaillent en étroite collaboration dès les phases de recherche et d'innovation. La spécificité est qu'il y a un nombre très restreint de grands donneurs d'ordres en bout de chaîne pour impulser le rythme de l'innovation technologie et de produit. Très souvent, les fournisseurs de rang 1 développent des produits ou technologies pour un seul donneur d'ordres (pour des raisons historiques, ou des exigences d'exclusivité dans la Défense) et collaborent très étroitement avec ce donneur d'ordres. Ainsi, les feuilles de route Recherche et Technologies des fournisseurs de rang 1 ou même 2 sont souvent coconstruites avec leur principal donneur d'ordres (Airbus, Dassault Aviation, Safran, Thales). Des projets de partenariat sur de futures technologies de pointe sont aussi fréquemment lancés. Cette situation diffère par exemple de celle de l'automobile où les fournisseurs de rang 1 peuvent avoir une vraie stratégie d'innovation indépendante en développant de nouveaux produits, puis en les proposant de manière proactive à différents constructeurs automobiles.

Cependant, la situation est en train d'évoluer dans l'aéronautique civile où des fournisseurs commencent à avoir des stratégies de produits plus indépendantes afin de diversifier leur portefeuille de clients, y compris dans d'autres filières comme l'automobile, et de rester à la pointe de l'innovation dans un environnement de plus en plus concurrentiel.

Cette tendance vers l'innovation produit pourrait s'accroître avec l'émergence de nouvelles technologies permettant un développement plus souple et rapide, et des développements en mode « agile ». Par ailleurs, dans un contexte où l'avion génère toujours plus de données, la partie « logiciel » des produits prend une part de plus en plus importante par rapport aux calculateurs, et peut être mise à jour de façon plus fréquente. Ces évolutions devraient favoriser la diversification du portefeuille client des fournisseurs, ce qui s'observe déjà lorsque certains fournisseurs de la filière Airbus commencent à se charger de modules de travail indépendants pour Boeing (et COMAC), de même que la filière Boeing décroche des contrats pour Airbus (et COMAC).

Un autre exemple de cette proximité dans l'innovation est le programme CORAC, qui regroupe tous les acteurs de l'aéronautique française, synchronise les initiatives d'innovations et de nouvelles technologies, et construit des feuilles de route concertées et confidentielles à cinq ans.

⁹ « De la firme sous-traitante de premier rang à la firme pivot – Une mutation de l'organisation du système productif Airbus », Revue d'économie industrielle 113, 1^{er} trimestre 2006.

Historique et présentation du CORAC¹⁰

« Mis en place en juillet 2008, le Conseil pour la Recherche Aéronautique Civile est une instance de concertation composée des industriels majeurs de la profession (Groupe Airbus, Dassault Aviation, Safran, Thales, Zodiac Aerospace) ainsi que de représentants du GIFAS, de PME, du monde universitaire (ONERA), d'autres acteurs du transport aérien tels que les compagnies (Air France, FNAM), les opérateurs aéroportuaires (ADP, UAF) et le prestataire français de services de navigation aérienne (DSNA), ainsi que de représentants des ministères concernés (transports, défense, industrie, recherche). Il constitue ainsi le lieu privilégié des échanges entre l'État et l'industrie du transport aérien dans son ensemble. La présidence du CORAC est assurée par le ministère chargé des transports et son comité de pilotage est présidé par un industriel élu pour une durée de deux ans.

La création du CORAC s'inscrit dans une volonté de mise en cohérence des efforts de recherche et d'innovation dans le domaine aéronautique pour que les prochaines générations d'aéronefs répondent à des exigences accrues de sécurité, de protection environnementale et de compétitivité. Parmi ses premières réalisations, le CORAC a établi une feuille de route technologique pour la recherche aéronautique en France, base de la mise en œuvre d'une stratégie de recherche ambitieuse et coordonnée autour d'objectifs de maîtrise de l'empreinte environnementale du transport aérien. »

Membres du CORAC :



¹⁰ Source : <http://aerorecherchecorac.com/item-a-propos/historique/>

Le processus de certification

Une autre spécificité de cette industrie réside dans les systèmes de gestion de la qualité au niveau des organisations et du processus de certification des aéronefs. Ces processus sont critiques en aéronautique du fait de l'exigence en matière de sécurité. Ils lient étroitement toute la chaîne : c'est le donneur d'ordres qui qualifie l'avion et doit assurer que sa chaîne d'approvisionnement a bien rempli les critères nécessaires. Aussi, lorsqu'un fournisseur souhaite modifier un processus industriel, il doit le faire qualifier auprès de son donneur d'ordres, un processus potentiellement long et complexe. Les nouvelles technologies peuvent aider à réduire les temps de qualification et de certification, par exemple, en qualifiant les paramètres d'une machine référente chez le donneur d'ordres (paramètres qui pourront être répliqués chez un fournisseur lui évitant de requalifier sa machine). La capacité à réduire les temps de qualification et de certification constitue un atout pour l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, ce qui doit inciter les donneurs d'ordres à aider leurs sous-traitants à se moderniser.

EN9100 : Système de gestion de la qualité - Exigences pour les Organismes de l'Aéronautique, l'Espace et la Défense » : au niveau de l'organisation ¹¹

« Afin d'améliorer la qualité et la sécurité de tout le secteur, l'industrie aéronautique, regroupée au sein de l'IAQG (« International Aerospace Quality Group »), s'est depuis de nombreuses années engagée dans un travail d'harmonisation de l'évaluation mondiale de ses fournisseurs. C'est de ce travail de réflexion qu'est née en 2001 l'EN 9100.

L'EN 9100 est une norme européenne décrivant un système d'assurance de la qualité pour le marché aéronautique. Elle a pour homologues l'AS 9100 pour l'Amérique, et la JISQ 9100 pour l'Asie. Spécifique à l'aéronautique, l'EN 9100 reprend complètement l'ISO 9001. Elle compte 30 % d'exigences en plus par rapport à l'ISO 9001, et s'applique aux constructeurs et à leurs fournisseurs. Les exigences complémentaires concernent majoritairement le processus d'achat et la qualification des « procédés spéciaux ».

Elle se décline en trois variantes :

- *EN 9100 (pour les entreprises de conception et de fabrication et de production de produits ou services du domaine aéronautique)*
- *EN 9110 (pour les entreprises de maintenance aéronautique)*
- *EN 9120 (pour les stockistes et distributeurs)*

La certification EN 9100 est devenue pour l'ensemble des fournisseurs de l'industrie aéronautique le passeport indispensable mondialement reconnu par tous les donneurs d'ordres de l'IAQG. Etre certifié EN 9100 permet d'être référencé au sein de la base de données mondiale OASIS (On Line Aerospace Suppliers Information Systems) des fournisseurs de l'industrie aéronautique et spatiale. »

Certification des aéronefs¹²

« Avant qu'un modèle d'avion nouvellement mis au point puisse entrer en service, il doit obtenir un certificat de l'autorité de réglementation de l'aviation responsable. Depuis 2003, l'AESA (Agence Européenne de la Sécurité Aérienne) est responsable de la certification des aéronefs dans l'UE et pour certains pays européens non membres de l'UE. Ce certificat atteste que le type d'aéronef répond aux exigences de sécurité fixées par l'Union Européenne.

Les quatre étapes de la certification type sont les suivantes :

- *1/ Lorsqu'il considère son projet suffisamment avancé, le constructeur d'aéronefs le présente à l'AESA. L'équipe de certification de l'AESA et l'ensemble des règles qui s'appliqueront pour la certification de ce type spécifique d'aéronef sont établies (base de certification).*

¹¹ Source : <https://www.dekra-certification.fr/certification-de-systemes/certification-en-9100.html>

¹² Source : <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/aircraft-products/aircraft-certification>

- 2/ L'AESA et le fabricant doivent définir et convenir des moyens de démontrer la conformité du type d'aéronef avec chaque exigence de la base de certification. Cela va de pair avec l'identification du « niveau d'implication » de l'AESA au cours du processus de certification.
- 3/ L'avionneur doit démontrer la conformité de son produit aux exigences réglementaires : la structure, les moteurs, les systèmes de contrôle, les systèmes électriques et les performances de vol sont analysés par rapport à la base de certification. Cette démonstration de conformité est réalisée par analyse lors des essais au sol (tels que des essais sur la structure pour résister aux impacts d'oiseaux, des tests de fatigue et des essais sur simulateurs) mais aussi au moyen d'essais en vol. C'est la plus longue phase du processus de certification type. Dans le cas des gros aéronefs, la période nécessaire pour compléter la démonstration de conformité est fixée à cinq ans et peut être prolongée, si nécessaire.
- 4/ Si elle est techniquement satisfaite de la démonstration de conformité par le fabricant, l'AESA clôture l'enquête et délivre le certificat. L'AESA fournit la certification primaire pour les modèles d'avions européens qui sont également validés en parallèle par des autorités étrangères pour l'exploitation dans leurs espaces aériens, par ex. la FAA pour les États-Unis ou TCAC pour le Canada. Les essais de navigabilité continuent pendant le cycle de vie du produit »

Les actions collectives en faveur de l'excellence opérationnelle

Les acteurs de cette industrie collaborent également pour optimiser les performances de la filière. À titre d'exemple, la solution AirSupply, de BoostAeroSpace, a été développée sous l'impulsion d'Airbus, Dassault Aviation, Safran et Thales, avec pour objectif de mieux diffuser les cadences de productions des donneurs d'ordres tout au long de la chaîne d'approvisionnement via un standard commun et, à la fin, d'améliorer les performances des plus petits acteurs. En effet, une demande mieux partagée de la part de ses clients (en qualité d'information et en visibilité) peut permettre à un industriel d'anticiper ses propres commandes, de les massifier et ainsi d'accroître son pouvoir de négociation auprès de ses fournisseurs. Par ailleurs, cela lui permet de mieux planifier l'occupation de ses machines et l'activité de ses collaborateurs, permettant d'améliorer la productivité. Enfin, si la visibilité sur les commandes à moyen terme est augmentée, cela permet à l'industriel d'envisager des investissements productifs plus sereinement. D'autres domaines de partage d'outils ont été explorés comme des partages d'outils de conception, sans parvenir à des décisions à date.

BoostAeroSpace¹³

« BoostAeroSpace a été conçu pour répondre aux demandes spécifiques de la communauté mondiale de l'aérospatiale et de la défense. BoostAeroSpace fournit des solutions d'entreprise sécurisées qui améliorent la collaboration entre les clients, les fournisseurs et les partenaires à l'aide de processus standardisés. Il s'agit d'une plateforme en ligne créée en 2009 par Airbus, Safran, Airbus Group, Thales et Dassault aviation.

Trois solutions sont proposées en mode Software as a Service (SaaS) : AirSupply (processus de collaboration logistique), AirCollab (espace de travail collaboratif interentreprises), AirDesign (échange de données techniques).

AirSupply est la plateforme centrale de gestion de la chaîne d'approvisionnement aéronautique qui facilite une communication sécurisée et traçable entre les entreprises.

¹³ Sources : <http://www.boostaerospace.com/about-us/> ; <http://www.boostaerospace.com/airsupply/> ; <http://www.boostaerospace.com/aircollab/> ; <http://www.boostaerospace.com/airdesign/>

AirCollab est une plateforme communautaire destinée aux entreprises, institutions, agences, partenaires industriels, leurs fournisseurs et leurs clients, fondée sur une technologie Microsoft Sharepoint.

AirDesign est une plateforme de collaboration composée d'un espace de travail neutre pour l'échange d'ensembles de données techniques avancées (Technical Data Package) pour la conception et la fabrication de programmes d'aviation ».



Enfin, lors de la phase de vente, les acteurs de rangs significatifs sont aussi susceptibles de travailler « en équipe » à des fins commerciales. C'est notamment le cas pour l'exportation de produits militaires français lorsque des entreprises comme Dassault Aviation, Safran et Thales constituent un GIE (Groupement d'Intérêt Économique) pour réaliser des ventes.

L'industrialisation, enjeu principal du segment civil français

Un marché en forte croissance et un carnet de commandes record

Le secteur aéronautique est soutenu par la croissance constante du trafic aérien, passant de 2 Md en 1994 de « Passagers km transportés » (soit l'unité de demande effective de voyages), à 7 Md en 2016, soit, en moyenne, 6 % de croissance par an sur la période. Cette croissance perdure depuis 1994 en dépit des crises économiques et des chocs pétroliers : voyager est perçu comme un service essentiel. Il est à noter que la croissance du trafic aérien au cours des dernières années a été tirée par l'essor des pays émergents et des compagnies à bas coûts.

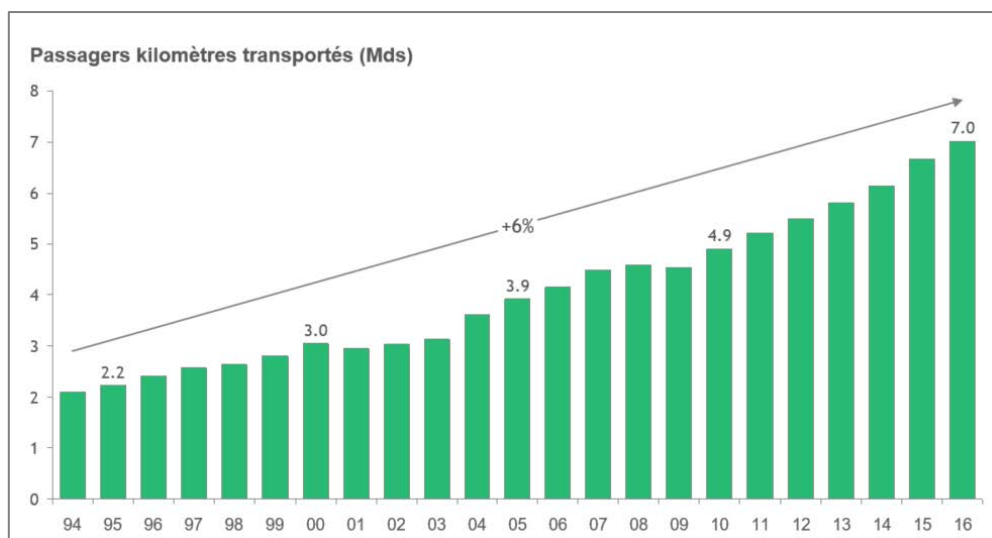


Figure 5 : Évolution des passagers kilomètres transportés¹⁴

La croissance du trafic aérien se répercute sur la demande de nouveaux appareils. Les importantes prises de commandes enregistrées entre 2011 et 2014 expliquent un carnet de commandes record. Fin 2017, ce dernier

¹⁴ Représente la demande effective de « voyages ». Source : IATA ; OACI ; Boeing Current Market Outlook 2016.

s'établit à 12 304 appareils en commande (54 % pour Airbus, 46 % pour Boeing), ce qui représente neuf années de production sur la base des cadences de livraison de 2015.



Carnet de commande en # d'avions commerciaux

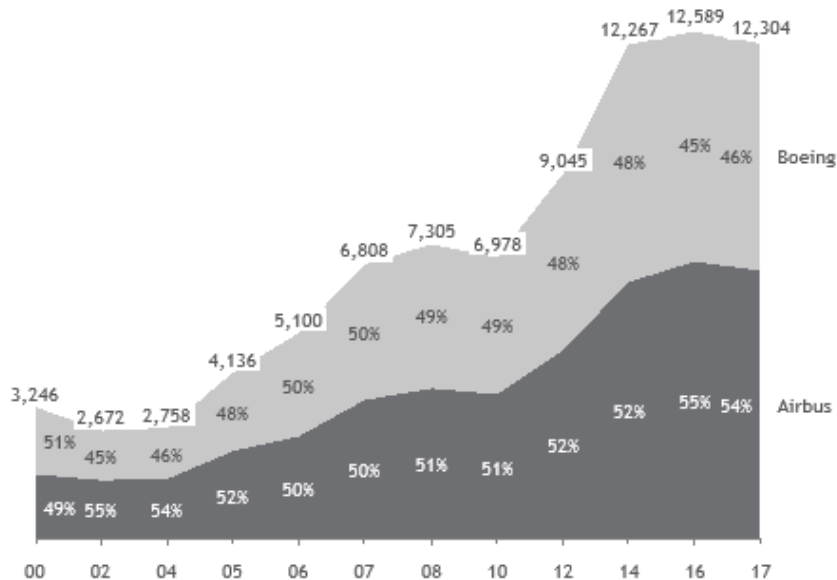


Figure 6 : Évolution du carnet de commandes d'avions commerciaux¹⁵

Pour répondre à cette forte croissance, la filière doit s'organiser et assurer une montée en cadence très importante, engendrant de fortes pressions sur la production qui se répercutent sur toute la chaîne de valeur. À titre d'exemple, Airbus et Boeing n'ont cessé d'augmenter la cadence de production de leurs produits phares (respectivement l'A320 et le B737) dans ces quinze dernières années.

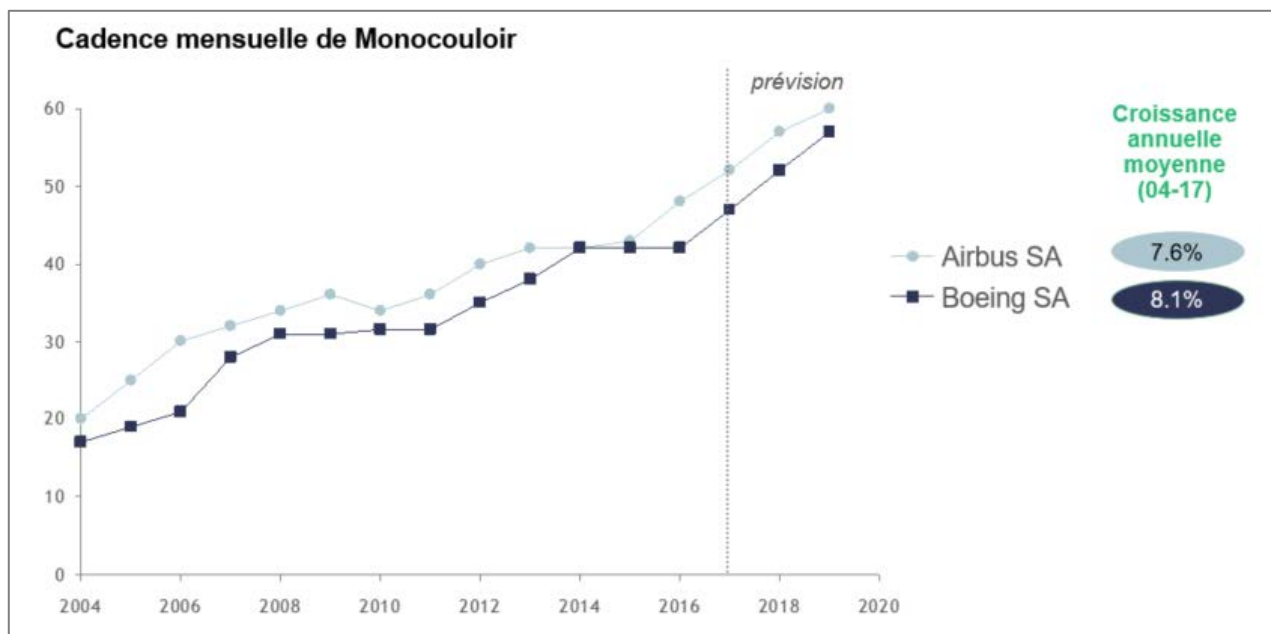


Figure 7 : Évolution de la cadence mensuelle du Monocouloir d'Airbus et Boeing¹⁶

¹⁵ Données 31/10/2017. Sources : Airbus, Boeing, base de données pour l'aéronautique de Teal Group, rapports de courtiers.

¹⁶ Sources : Airbus, Boeing.

Cette situation génère en même temps une bonne visibilité sur la demande pour les donneurs d'ordres permettant de travailler dans des conditions plus sereines et de décider des investissements à long terme dans l'outil industriel. Cependant, cette visibilité ne se répercute pas mécaniquement sur les sous-traitants. En effet, les fournisseurs de rang 1 ont généralement des contrats d'une durée de trois ans, quand les fournisseurs de rang 2 et supérieurs ont des contrats de durée encore inférieure, limitant de fait la capacité à investir sur l'avenir.

La forte croissance du segment de l'aviation commerciale ne doit pas cacher les difficultés actuelles du segment de l'aviation d'affaires, dont la croissance tarde à redémarrer suite à la crise de 2009, oscillant entre 540 et 600 appareils livrés par an (après un pic au-delà de 800 en 2008). Les raisons de cette stagnation sont nombreuses : réglementation très restrictive en Chine pour les avions d'affaires, niveau élevé du stock d'avions d'occasion dans le monde, incertitudes politiques dans certains pays développés, etc. Cependant, les prémices d'un rebond se font sentir selon les grands plateformes mondiaux (Bombardier, Dassault, Gulfstream).

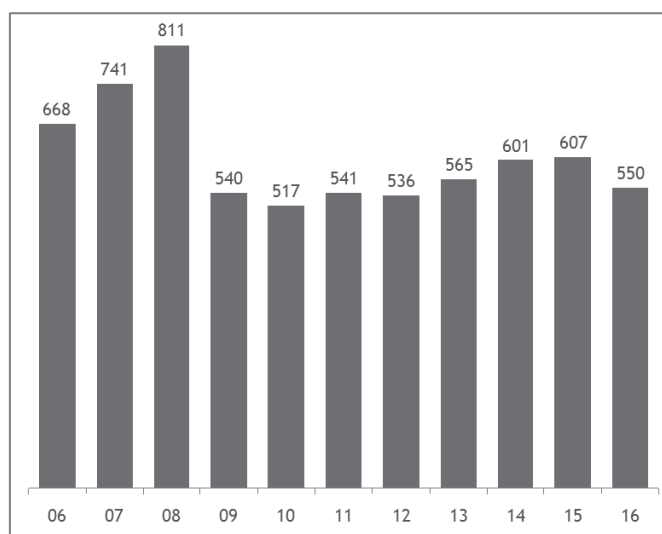


Figure 8 : Nombre d'avions d'affaires livrés dans le monde¹⁷

Des chaînes d'approvisionnement mondialisées

Airbus s'approvisionne à l'échelle mondiale, pour l'ensemble de ses modèles et de ses composants. La chaîne d'approvisionnement de Boeing est, par contre, encore majoritairement américaine, même s'il faut noter la présence non négligeable de fournisseurs français, par exemple Zodiac pour les équipements cabine, Safran pour les trains d'atterrissage ou systèmes électriques et Thales pour les systèmes de divertissement à bord.

¹⁷ Source : Bombardier.

Catégorie	Numéro ATA	Nom du chapitre ATA	A320	A330	A350
Systèmes	ATA 21	Air conditioning & pressurization	UTC, Liebherr	Liebherr	Honeywell, Diehl
	ATA 22	Auto flight	Honeywell, Thales	Rockwell/Honeywell, Thales	Rockwell, Honeywell
	ATA 23	Communications	Rockwell, Thales	Rockwell Collins	Rockwell Collins
	ATA 24	Electrical power	UTC	Safran	UTC
	ATA 25	Equipment / furnishings (incl. cabin interiors)	Rockwell, Recaro, Stelia	Rockwell, Recaro	Rockwell, Jamco, Zodiac / Safran
	ATA 27	Flight controls	UTC	UTC	MOOG
	ATA 28	Fuel	Safran	Parker, Safran	PFW
	ATA 29	Hydraulic power	Eaton / Triumph	Eaton	PFW / Parker
	ATA 32	Landing gear	Safran	Safran	UTC (-1000), Safran
	ATA 34	Navigation	Rockwell Collins, Honeywell	Rockwell Collins, Honeywell	Rockwell Collins
	ATA 35	Oxygen	Rockwell Collins, Zodiac	Rockwell Collins, Zodiac	Rockwell Collins
	ATA 38	Water / waste	Zodiac, Diehl (?)	Rockwell Collins, Diehl	Zodiac
	ATA 44	Cabin systems (IFE)	Rockwell, Thales, Panasonic	Panasonic, Thales	Panasonic, Thales
	ATA 49	Airborne auxiliary power	UTC, Honeywell	Honeywell	Honeywell
	ATA 92	Electrical system installation	Safran / Latécoère, Fokker-Elmo	Safran / Latécoère, Fokker-Elmo	Safran, Latécoère
Structure	ATA 52	Doors	AHD, HAL, Primus, Latécoère	AHD	AHD
	ATA 53	Fuselage	Multiple	Multiple	Multiple
	ATA 54	Nacelles	UTC, Safran (NEO)	Safran	UTC
Propulsion	ATA 71	Power plant	UTC, CFM	UTC, GE	Rolls Royce
	ATA 73	Engine fuel and control	LEE	UTC	Eaton/Parker Aerospace

USA
 France
 Autre

Figure 9 : Chaînes d'approvisionnement de la famille Airbus¹⁸

Catégorie	Numéro ATA	Nom du chapitre ATA	B737	B787	B777
Systèmes	ATA 21	Air conditioning & pressurization	Triumph	UTC	UTC
	ATA 22	Auto flight	Rockwell Collins	?	Rockwell Collins
	ATA 23	Communications	Rockwell Collins, Honeywell	Rockwell Collins, Cobham	Honeywell, Cobham
	ATA 24	Electrical power	UTC	UTC	UTC
	ATA 25	Equipment / furnishings (incl. cabin interiors)	Rockwell Collins, Recaro	Rockwell Collins, Recaro	Rockwell Collins, Recaro, Zodiac
	ATA 27	Flight controls	BA, Moog	Honeywell / MOOG	Rockwell Collins, BAE, Moog
	ATA 28	Fuel	UTC, Safran	UTC	UTC
	ATA 29	Hydraulic power	Eaton / Triumph	Eaton / Parker	Eaton / Triumph / Meggitt
	ATA 32	Landing gear	UTC	Safran	Heroux Devtek
	ATA 34	Navigation	Rockwell Collins / Honeywell	Honeywell	Rockwell Collins / Honeywell
	ATA 35	Oxygen	Rockwell Collins, Zodiac	Rockwell Collins	Zodiac
	ATA 38	Water / waste	UTC, Harris	Rockwell Collins	UTC, Harris, Zodiac
	ATA 44	Cabin systems (IFE)	Rockwell, Thales, Panasonic	Thales, Panasonic	Thales, Panasonic
	ATA 49	Airborne auxiliary power	UTC, Honeywell	UTC	Honeywell
	ATA 92	Electrical system installation	Boeing (TBC)	Safran	Boeing (TBC)
Structure	ATA 52	Doors	Elbit / Triumph	Elbit / Jamco / Saab, Latecoere	Mitsubishi
	ATA 53	Fuselage	Boeing / Avic / Spirit	Mitsubishi / Spirit / Boeing	Kawazaki / Mitsubishi / Spirit / Boeing / Triumph
	ATA 54	Nacelles	UTC, GKN / Spirit	UTC	Spirit / Triumph
Propulsion	ATA 71	Power plant	CFM	GE / Rolls Royce	UTC, GE / Rolls-Royce
	ATA 73	Engine fuel and control	Eaton	Eaton / PFW	Triumph

USA
 France
 Autre

Figure 10 : Chaînes d'approvisionnement de la famille Boeing¹⁹

En matière d'investissements directs à l'étranger (IDE), deux catégories de démarches peuvent être distinguées²⁰ :

- Les IDE horizontaux : l'activité développée à l'étranger reproduit l'activité domestique.
- Les IDE verticaux : l'activité à l'étranger est un complément de l'activité domestique.

¹⁸ Source : Airframer.com

¹⁹ Source : Airframer.com

²⁰ Voir l'étude « Investissement direct étranger et performances des entreprises », L. Fontagné et F. Toubal – Rapport CAE, 2010.

Le phénomène de mondialisation de la chaîne d’approvisionnement de l’aéronautique correspond à ces deux logiques :

- Des fournisseurs reproduisent leurs activités à proximité des grands donneurs d’ordres (en Europe pour Airbus, en Amérique du Nord pour Boeing voire en Chine pour COMAC) ou lors de contrats de Défense importants (par exemple la construction d’une chaîne d’approvisionnement en Inde pour le Rafale).
- Par ailleurs, certains choisissent de délocaliser certains éléments de leur production dans des pays dits à bas coût (cf. section suivante) ou présentant des compétences spécifiques (par exemple les logiciels en Inde).

Des délocalisations pour réduire les coûts et se rapprocher des clients

Pour répondre aux attentes des grands donneurs d’ordres en matière de coûts, de nombreux fournisseurs ont choisi d’établir des capacités de production dans des pays à bas coût tout en essayant de rester proches des principaux donneurs d’ordres. Ils se sont notamment installés au Mexique pour approvisionner Boeing et au Maghreb ou en Europe de l’Est pour approvisionner Airbus. Les produits concernés ont généralement été développés dans les pays d’origine puis délocalisés à un stade de production stabilisée ; à ce jour, des produits d’une complexité technique limitée sont essentiellement concernés.

À titre d’exemple, de nombreux acteurs de la filière française ont choisi de s’établir hors de France, notamment au Maroc (ex. : Thales, Lisi, Stelia), en Turquie (Zodiac), en Roumanie (Airbus Helicopters) en Inde (Recaero, Lisi), en Chine (Safran) ou au Mexique (Safran, Latécoère).

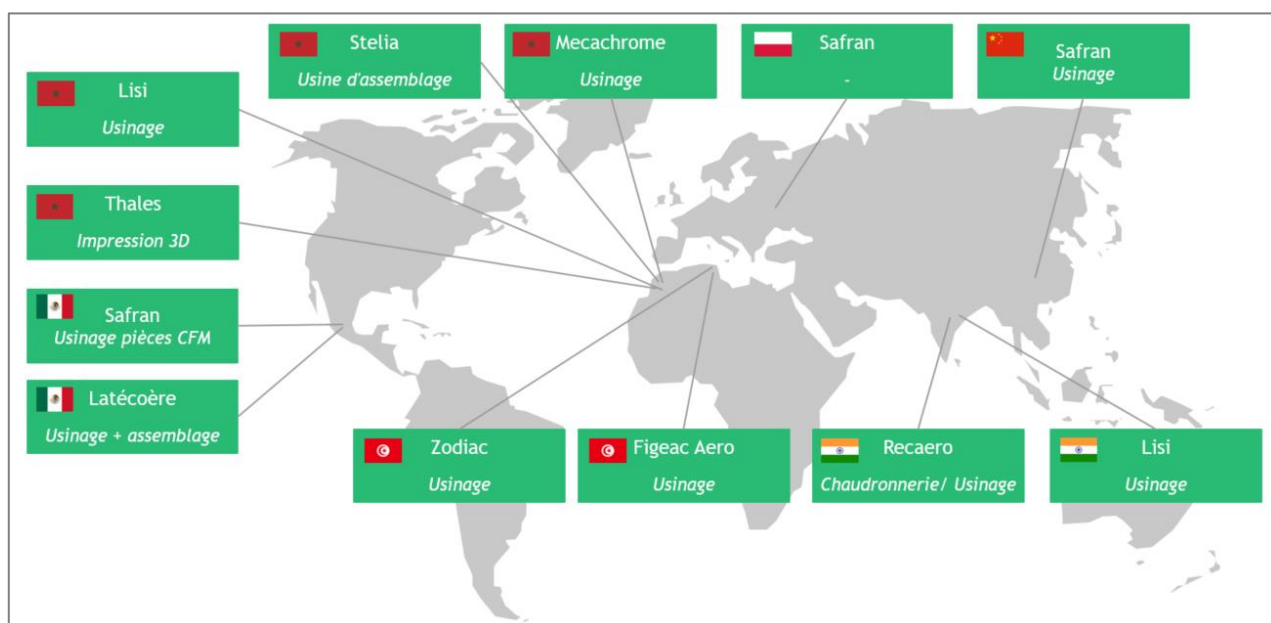


Figure 11 : Exemples d’implantations d’entreprises françaises à l’étranger²¹

²¹ Source : Articles de presse.

Des fournisseurs de rang 1 qui se consolident et des donneurs d'ordres qui réagissent

La sous-traitance aéronautique a été marquée ces dernières années par un net regain des fusions-acquisitions. Aux États-Unis, UTC a racheté Rockwell-Collins, en cours de fusion avec le spécialiste de l'aménagement de cabines BE/Aerospace, pour former un géant de 65 milliards de dollars de chiffre d'affaires, dont 38 milliards dans l'aéronautique. En France, le motoriste Safran a acquis Zodiac, *leader* mondial dans les cabines de passagers, pour former un groupe de 25 milliards de dollars.

Sur les neuf premiers mois de 2017, 38 opérations (+15 % par rapport à 2016) d'une valeur de 61,8 milliards de dollars (trois fois plus qu'en 2016) ont été lancées²². La tendance devrait continuer, par exemple dans la filière de l'aérostructure dont la plupart des membres (hormis Spirit et GKN) ont encore des tailles sous-critiques. Ce phénomène de consolidation des fournisseurs notamment de rang 1 peut être comparé à ce qu'il s'est passé dans l'automobile entre 1995 et 2005, comme l'analyse une récente étude du GIFAS.

Pendant longtemps, les principaux donneurs d'ordres, Airbus et Boeing, ont préféré se recentrer sur leur cœur de métier de développement et d'assemblage d'aéronefs, car ils n'avaient pas les capacités financières et d'innovation pour assumer l'ensemble du développement et de la fabrication des éléments de l'avion. C'est, par exemple, pour cela que dans les années 2000, Boeing s'est séparé de son activité d'aérostructures Spirit, alors qu'Airbus filialisait une partie de ses activités chez Stelia et Premium Aerotec (Allemagne). En parallèle, ces plateformes ont encouragé les consolidations de leurs fournisseurs afin d'avoir des partenaires solides pour les développements et les montées en cadence.

Les récentes acquisitions d'UTC et de Safran peuvent cependant inquiéter Airbus et Boeing car elles créent des géants, positionnés sur presque tous les postes clés de l'avion : les moteurs, les trains d'atterrissage, les systèmes électriques, l'avionique et la cabine. UTC représente près des 2/3 du coût d'un avion équipé avec tous ses systèmes et composants. Ces géants ne sont potentiellement plus très loin de pouvoir lancer leurs propres aéronefs. Au-delà de cette menace possible (quoique théorique) d'entrée sur le marché de l'aéronef, ces fournisseurs de rang 1 bénéficient généralement de marges confortables (autour de 15 à 20 %) quand les plateformes dépassent rarement 5 à 7 % de marge.

Tous ces éléments poussent les donneurs d'ordres à réagir. Cela se manifeste notamment par le récent mouvement de réintégration de fonctions clés et à marge plus importante par ces plateformes. Par exemple, Airbus a récemment réintégré des activités de nacelles. Boeing a lui récemment réintégré une activité dans l'avionique et vient de s'associer avec Adient, l'ancien pôle automobile de Johnson Controls pour fabriquer et vendre ses propres sièges d'avion.

La menace de nouveaux acteurs et les réactions des donneurs d'ordres

Plusieurs constructeurs se sont récemment positionnés sur le segment attractif des monocouloirs (dominé par Airbus tandis que Boeing est *leader* sur les gros porteurs), identifié plus haut comme le poumon de l'industrie de par ses quantités, notamment :

- le Russe Irkout avec le MS-21
- le Chinois Comac avec le C919
- le Canadien Bombardier avec le CSeries
- le Brésilien Embraer

²² Selon une étude du cabinet de conseil PwC.

Leur percée reste cependant modeste : ils pourraient représenter 3 % du marché en 2020 contre 1 % aujourd'hui.

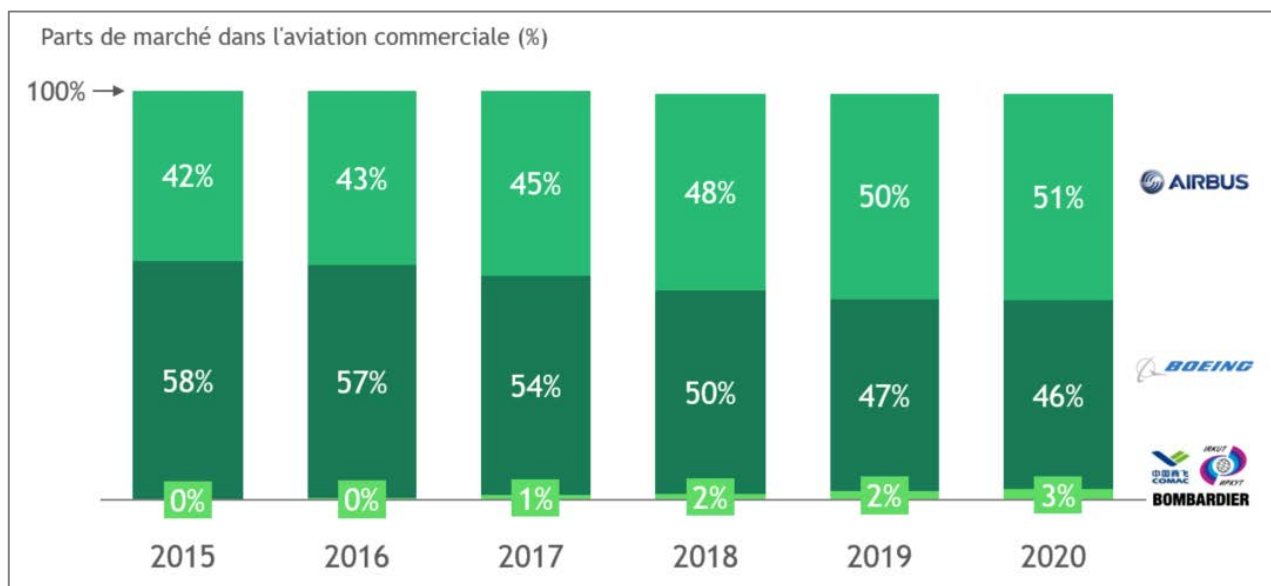


Figure 12 : Évolution des parts de marché dans l'aviation commerciale²³

Leur existence, notamment celle de COMAC, représente en revanche une menace crédible à moyen terme (2030-2035) compte tenu de l'ambition de la Chine, de ses moyens et de la taille de son marché domestique.

En réaction à ces menaces, Airbus a annoncé fin 2017 prendre une participation majoritaire dans le programme C-Series du constructeur ferroviaire et aéronautique canadien Bombardier, un programme lancé en 2008 et visant l'entrée de gamme des avions commerciaux (110-150 places). Cela permet à Airbus de compléter sa famille d'avions (ses A320 phares ont 150-220 places environ) et à Bombardier de produire et donc de commercialiser ses avions aux États-Unis. Au-delà de ces effets directs, cette prise de participation majoritaire a aussi empêché le groupe chinois Comac de racheter lui-même Bombardier, ce qui aurait potentiellement considérablement accéléré son développement. En réaction, Boeing et Embraer discutent des contours possibles d'une alliance ou d'un partenariat qui inclurait le domaine commercial mais aussi éventuellement le domaine militaire. Boeing avait déjà annoncé (lors du salon du Bourget de 2013) qu'il prendrait en charge les ventes, le marketing et l'entretien du KC 390 sur trois marchés stratégiques (États-Unis, Royaume-Uni et Moyen-Orient).

COMAC (Commercial Aircraft Corporation of China) ²⁴



Fondé en 2008, COMAC est un constructeur aéronautique public chinois, spécialisé dans les avions de ligne et dont le siège est situé à Shanghai. C'est une entreprise, en partie financée par des fonds publics et bénéficiant du soutien du gouvernement, qui doit permettre de réduire

²³ Source : base de données pour l'aéronautique de Teal Group.

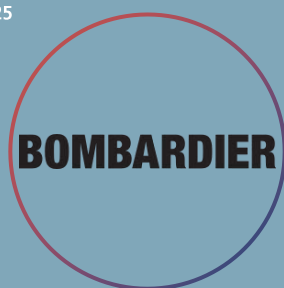
²⁴ Source : <http://english.comac.cc/products/ca/>

la dépendance de la Chine à Airbus et Boeing. COMAC est impliqué dans la recherche, la fabrication et les essais en vol d'avions civils et de produits connexes, ainsi que dans le marketing, l'entretien, le crédit-bail et l'exploitation d'avions civils.

A ce jour COMAC propose ou développe trois produits :

- **ARJ21** : avion régional bimoteur d'une capacité de 78 à 90 passagers et d'une autonomie de 2 225 à 3 700 km. L'avion a obtenu la certification de production des autorités chinoises en 2017 et des discussions sont en cours avec les autorités américaines. L'ARJ21 enregistre 453 commandes de 21 clients.
- **C919** : avion de ligne bimoteur moyen-courrier d'une capacité de 158 à 168 passagers et d'une autonomie de 4 075 à 5 555 km. L'avion est en cours de certification et il a réalisé son premier vol en mai 2017. L'ARJ21 enregistre 815 commandes de 28 clients.
- **C929** : projet d'avion bimoteur long courrier - mené conjointement par COMAC et par le consortium russe UAC - d'une capacité de 280 passagers et d'une autonomie de 12 000 km.

Bombardier Aéronautique²⁵



Filiale du groupe Bombardier, Bombardier Aéronautique est le troisième constructeur d'avions au niveau mondial. Son siège se situe à Dorval au Québec. Issue de l'acquisition de Canadair en 1986, la filiale aéronautique de Bombardier n'a cessé de se développer grâce notamment à de nombreuses acquisitions au début des années 1990. En 2016, Airbus a pris une part majoritaire dans le programme d'avions moyen-courrier CSeries de Bombardier.

Bombardier est présent sur les marchés suivants :

- **Avions d'affaires** : gammes d'appareils Learjet, Challenger et Global
- **Avions commerciaux** : nouveau programme C-Series, gammes d'appareils de CRJ Series et de Q-Series
- **Aérostructures et services d'ingénierie** : structures d'avions, réparation de composants et autres services
- **Solutions d'avions spécialisés** : appareils Bombardier adaptés à des missions spéciales
- **Services à l'aviation et formation** : pièces d'avions, entretien, gamme complète de programmes de formation, soutien technique et publications, services en ligne

²⁵ Source : <https://www.bombardier.com/fr/a-propos-de-nous.html>

Embraer²⁶



Fondé en 1986 à l'initiative du gouvernement brésilien, Embraer est un constructeur aéronautique spécialisé dans les avions civils de taille petite ou moyenne, utilisés dans l'aviation régionale d'affaires et agricole. L'entreprise construit également des avions de chasse, de télédétection et de transport. Embraer emploie plus de 23 000 personnes et son siège se situe à São José dos Campos au Brésil. Embraer est en pourparlers avec Boeing afin de définir les termes d'un rapprochement stratégique du fait de la complémentarité des produits proposés. Embraer est présent sur les marchés suivants :

- **Avions commerciaux :** gammes E-Jets, E-Jets E2, ERJs
- **Avions d'affaires :** gammes Lineage, Legacy et Phenom
- **Avions militaires :** appareils adaptés à des missions spéciales, appareils multi-missions, appareils de surveillance et de reconnaissance, appareils de combat
- **Avions pour l'agriculture :** appareil Ipanema 203 (100 % éthanol)

Le difficile exercice de prospective à dix ans

En conclusion de cette partie, il est légitime d'adopter un regard prospectif et de s'interroger sur le potentiel de disruption des technologies « Industrie du futur », et plus généralement de la transformation digitale (incluant l'adoption des technologies d'intelligence artificielle) des économies, sur le paysage compétitif mondial à moyen et long terme. En l'état des connaissances actuelles, ce potentiel de disruption apparaît globalement relativement peu élevé pour les dix prochaines années et il convient de distinguer deux horizons de temps :

- À horizon cinq ans, une disruption significative de l'équilibre compétitif de la filière aéronautique mondiale apparaît improbable. En effet, des acteurs « *low cost* » existent déjà là où les technologies le permettent et l'émergence de ces acteurs n'a pas remis en question les équilibres concurrentiels jusqu'ici.
- À horizon dix ans et plus, on peut s'attendre à l'arrivée à maturité des grands programmes nationaux de développement industriel, menés notamment en Chine, en Turquie et en Arabie saoudite. Le développement de ces programmes est crédible – tant du point de vue technique que du point de vue de leur rythme de progression (les récents développements ont été livrés selon le calendrier prévisionnel). Ces programmes induiront probablement plus une réduction de la taille du marché mondial adressable par les acteurs en place (la demande des marchés intérieurs chinois, turc et saoudien, sera couverte par une offre domestique de qualité satisfaisante) qu'une compétition frontale avec les acteurs actuels sur les autres marchés (c'est-à-dire hors Chine, Turquie et Arabie saoudite). Ainsi, ce mouvement ne constitue pas, *a priori*, une menace majeure pour les principaux acteurs en place (même s'il va créer une pression concurrentielle) et son impact n'est de toute façon pas attendu avant un horizon long, de l'ordre de dix ou quinze ans (autour de l'année 2030).

²⁶ Source : <https://embraer.com/global/en>

Il faut également souligner que le développement de nouveaux acteurs (par exemple, *low cost*) est ralenti de manière structurelle par :

- le fait que le coût n'est pas le critère de décision principal pour les acheteurs du marché aéronautique : les considérations de sécurité sont de loin celles qui influencent le plus une décision d'achat.
- les réglementations en matière de sécurité conçues et contrôlées par les autorités de certification sont d'un niveau maximal d'exigence. Ainsi, les acteurs actuels ont une large longueur d'avance par rapport à d'éventuels nouveaux entrants en matière de connaissance de normes de sécurité.

Les cinq exigences de la part des donneurs d'ordres à court et moyen terme

Face à une demande importante et un carnet de commandes étoffé, les donneurs d'ordres ont cherché ces dernières années à augmenter leurs cadences de production, ce qui implique de nouvelles exigences pour les équipementiers de rang 1 et de rang 2. Celles-ci sont de cinq ordres :

- Augmenter les cadences de production sans diminuer la qualité.
- Livrer à l'heure pour limiter les coûts de stock et de parachèvement (« Outstanding Work »).
- Gérer des configurations pour satisfaire les besoins de différenciation des clients finaux (notamment cabine).
- Professionnaliser les relations avec les fournisseurs pour optimiser les achats et à la fin réduire les coûts.
- Développer l'autonomie sur l'achat de la matière.

Les enjeux principaux pour les fournisseurs de rang 1

Pour répondre à ces nouvelles exigences de la part des donneurs d'ordres, les fournisseurs de rang 1 font face à trois enjeux principaux : 1/ continuer à diversifier leurs bases de clients, 2/ concevoir partout et produire n'importe où, et 3/ améliorer la performance opérationnelle.

Tout d'abord, les fournisseurs de rang 1 ont besoin de **diversifier leurs bases de clients** afin de réduire la dépendance envers leur client principal et de mieux amortir leurs coûts fixes.

Afin d'y parvenir, les fournisseurs peuvent se positionner sur de nouveaux programmes. Cependant, après une phase forte de développement dans les années 2000 et début 2010 (développements des avions A350, A380, et B787), la tendance est plutôt aux évolutions des programmes existants (exemple 320neo, 330neo, 737 MAX) pour lesquels les appels d'offres sont ciblés sur quelques évolutions (notamment propulsion) et donc moins nombreux. On attend encore la confirmation de Boeing qui devrait lancer un avion commercial milieu de gamme (le MoM ou Middle of Market) d'ici 2025. En l'absence d'un A380neo, les prochains développements majeurs devraient être les successeurs des modèles A320 et B737 qui ne sont pas prévus avant 2030.

Face à ce manque de nouveaux développements, les fournisseurs voulant se diversifier doivent alors viser des remises en concurrence de produits déjà en fabrication. Cela nécessite de développer des avantages concurrentiels autour de technologies « produit » innovantes ou encore de capacités de production compétitives, pouvant s'appuyer sur des technologies Industrie du Futur ou des sites basés dans des pays à faible coût de main-d'œuvre. Par ailleurs, les fournisseurs peuvent aussi pratiquer des approches commerciales plus agressives afin de remporter de nouveaux contrats. Cet enjeu de diversification est particulièrement présent pour les assembleurs d'aérostructures qui, pour des raisons historiques, sont souvent fortement dépendants d'un donneur d'ordres : ainsi, Stelia et Spirit ont réalisé en 2016 respectivement 90 % et 80 % auprès d'Airbus et Boeing. Or ces derniers optent de plus en plus pour la remise en concurrence des produits pour limiter leurs coûts.

Ensuite, les fournisseurs de rang 1 font face à la **nécessité croissante de « concevoir partout, produire n'importe où »**. Cela signifie en particulier qu'ils doivent développer des capacités d'ingénierie à proximité des grands constructeurs et installer leur outil industriel là où il est le plus performant.

Les constructeurs aéronautiques sont présents à l'échelle mondiale : la proximité des équipes (d'ingénierie, d'industrialisation) avec ces derniers est ainsi un critère décisif de création de valeur et de différenciation sur un marché particulièrement concurrentiel. Ainsi, tous les fournisseurs majeurs d'Airbus ont des ingénieurs détachés à Toulouse.

Hormis la filière monocouloir (y compris le moteur Leap), les volumes produits restent faibles, ce qui rend impossible une duplication de l'ensemble des outils de production à proximité des clients et ouvre la voie à une régionalisation des chaînes d'approvisionnement (à la différence du secteur automobile où les volumes permettent d'envisager une large empreinte géographique économiquement rentable pour différents produits). Ce principe reste valable même si Airbus a multiplié ses lignes d'assemblage final pour son monocouloir aux États-Unis, en Chine, à Toulouse et à Hambourg. Dans ce contexte, il est dès lors nécessaire pour les fournisseurs de pouvoir produire là où l'outil de production est le plus performant, et de procéder à sa modernisation continue afin qu'il reste compétitif. Les produits simples sont délocalisés dans des pays à faible coût de main-d'œuvre. Ainsi, la filière électrique s'est pour partie délocalisée en Afrique du Nord pour produire du câblage électrique compétitif (voir par exemple la récente implantation de Latécoère au Maroc afin de réaliser du câblage électrique pour les Airbus A330 et A320).

Cependant, certains facteurs propres à la filière aéronautique freinent la logique d'une délocalisation systématique dans des pays à bas coût. Comme le rappellent les travaux d'E. M. Mouhoud²⁷, ce type de délocalisation (fragmentation verticale) convient davantage à des produits peu pondéreux, avec des coûts de transport faibles, ou encore à des produits à faible contenu cognitif. C'est pourquoi les pièces aéronautiques pondéreuses (ayant des coûts de transports élevés), critiques (notamment dans la phase actuelle de montée en cadence) ou complexes (avec un fort contenu cognitif) sont moins sujettes à la délocalisation.

Enfin, l'internationalisation des bureaux d'études favorise leurs échanges avec les sociétés de capital-risque et les centres d'innovation afin d'intégrer au mieux les ruptures potentielles, comme celle qui se dessine dans le domaine spatial avec le « New Space », émanant de structures plus petites et plus agiles. Airbus a, par exemple, créé Airbus Ventures, un fonds d'amorçage basé dans la Silicon Valley et à Paris en 2015.

²⁷ Voir « Mondialisation et délocalisation des entreprises », La Découverte, 2017.

Airbus Ventures²⁸

Airbus Ventures est un fonds d'amorçage doté d'une enveloppe de 150 M\$ basé dans la Silicon Valley et à Paris, finançant de jeunes entreprises à travers le monde. Le fonds s'appuie sur l'expérience et l'héritage d'Airbus mais opère de manière indépendante.

Depuis sa création en janvier 2016 jusqu'à mars 2018, le fonds a financé treize entreprises opérant dans les domaines de l'aérospatiale, l'électronique, l'énergie, la robotique, les véhicules autonomes, les sciences analytiques et l'internet des objets.



Un autre enjeu majeur pour les fournisseurs de rang 1 est **l'amélioration de leur performance opérationnelle** afin de suivre les montées en cadence demandées par les donneurs d'ordres et de rester compétitifs en offrant des performances industrielles élevées (cycles plus courts, qualité améliorée, livraisons à l'heure) et des coûts réduits.

Si l'enjeu de l'amélioration des performances est tiré par les montées en cadence inédites du secteur, celui de la réduction des coûts résulte des programmes de réduction de coût ambitieux que les plateformes et les principaux fournisseurs de rang 1 s'imposent ainsi qu'à l'ensemble de leurs fournisseurs, exerçant une pression importante sur toute la chaîne. Un effort de plus de 20 % de réduction de coût est exigé à tous les acteurs de la chaîne d'approvisionnement.

Cette pression, transmise par les équipes Achats des donneurs d'ordres, constitue l'un des principaux leviers pour améliorer les performances de la chaîne de production. Mais, des initiatives au niveau de la filière ont aussi été construites pour répondre à l'enjeu de performances sur toute la chaîne de valeur.

²⁸ Sources : <http://www.airbusventures.vc> ; <https://www.crunchbase.com/organization/airbus-ventures>

C'est le cas du programme Performances Industrielles, porté par l'association SPACE²⁹, dont la 1^{ère} vague (de 2014 à 2017) a permis d'améliorer les performances de ponctualité, de qualité ou de profondeur du retard de 98 % des quatre cents PME bénéficiaires du programme.³⁰

SPACE™ Aéronautique : Supply chain Progress towards Aeronautical Community Excellence³¹

« En 2007, les grands donneurs d'ordres de l'aéronautique européenne prennent conscience que la chaîne d'approvisionnement n'est pas en mesure de répondre aux nouveaux enjeux d'excellence industrielle. »

« Ils décident de créer l'association SPACE™ en juin 2007 pour soutenir cette industrie indispensable au développement de la filière.

La mission est de mener concrètement des projets d'amélioration industrielle chez les fournisseurs en mutualisant les ressources des grands donneurs d'ordres (ACITURRI, AERNNOVA, AIRBUS GROUP, ALESTIS, DAHER, DASSAULT AVIATION, DIEHL, LATECOERE, LIEBHERR AEROSPACE, RATIER FIGEAC, ROCKWELL COLLINS, RUAG, SAFRAN, THALES, ZODIAC AEROSPACE). »

« Pour garantir le maintien d'un rôle majeur dans cette industrie et pour promouvoir l'excellence de la chaîne européenne d'approvisionnement, tous les acteurs du secteur doivent relever les principaux défis que sont :

- *L'amélioration de la performance de la chaîne d'approvisionnement.*
- *L'accroissement de la demande industrielle.*
- *L'investissement financier et technique constant dans le domaine de la recherche et du développement. »*

« Depuis 2007, SPACE™ compte plus de 200 membres associés, a soutenu plus de 700 projets d'améliorations industrielles (sous forme de projets individuels ou sous forme de projets collaboratifs) et a formé plus de 2 100 personnes aux outils de maîtrise des processus industriels, que ce soit en France, en Allemagne ou en Espagne. »

« L'Association a pour objet, directement ou indirectement, d'offrir et de mettre en œuvre des services visant à améliorer la performance industrielle et la compétitivité des chaînes d'approvisionnement de produits embarqués sur aéronefs pour l'industrie aéronautique civile :

- *Les membres exécutifs dédient des ressources expertes pour développer des projets communs d'amélioration avec l'implication des ressources propres des membres associés sur les sites de production.*
- *Ils bâtissent ensemble les plans d'actions pour atteindre des performances industrielles et dans la chaîne d'approvisionnement, d'un niveau de classe mondiale. »*

Programme Performances industrielles (en collaboration avec GIFAS)³²

« Dans le cadre du Comité stratégique de la filière aéronautique, le GIFAS a lancé un programme national d'amélioration de la performance de la chaîne d'approvisionnement aéronautique : "Performances industrielles".

²⁹ SPACE pour « Supply chain Progress towards Aeronautical Community Excellence ».

³⁰ Source : <https://www.entreprises.gouv.fr/conseil-national-industrie/la-filiere-aeronautique>

³¹ Source : <http://www.space-aero.org/quest-ce-que-space/>

³² Source : <https://www.gifas.asso.fr/node/96346>

Il a pour maître d'ouvrage le GIFAS et pour maître d'œuvre l'association SPACE. Il est spécifiquement dédié aux entreprises de la filière : ETI, PME et TPE. Les objectifs sont :

- *Accroître la performance de livraison de la chaîne d'approvisionnement.*
- *Améliorer la relation entre donneurs d'ordres et fournisseurs.*
- *Renforcer la compétitivité des entreprises tout en améliorant les conditions de travail, développer et capitaliser les emplois dans la filière.*

La phase 1 du programme "Performances industrielles" a représenté plus de 6 000 jours d'accompagnement et plus de 5 000 jours de formation pour un budget total de 23 M€. Le programme a rassemblé 401 PME autour de 69 donneurs d'ordres. 97 % des PME ont déclaré une amélioration significative de leur performance mesurée à travers l'un des critères suivants : ponctualité, profondeur du retard et qualité.

Une seconde phase du projet est en cours. »

Un autre exemple déjà cité est la solution AirSupply qui a permis de fluidifier la relation entre clients et fournisseurs pour le processus de commande et d'approvisionnement, et d'offrir une meilleure visibilité sur les demandes des donneurs d'ordres. Laurent Martin-Rohmer, le responsable d'AirSupply chez Supply, juge que « son utilisation procure en moyenne un gain de temps de 10 % pour les activités administratives. Clients et fournisseurs peuvent ainsi se mettre d'accord en amont sur les commandes. Les bénéfices d'AirSupply sont spécifiques à chaque client : gains en réactivité dans la collaboration sur les quantités et délais de livraison, réduction des ruptures d'approvisionnement, diminution des stocks et des encours, gain d'image... »³³

Enfin, un enjeu majeur lié à la performance est celui de la réduction des temps de cycles globaux (que cela soit en phase de développement ou de production) pour rendre la chaîne d'approvisionnement plus agile et réactive, et réduire les stocks et encours le long du cycle (ce qui limite les ressources financières engagées). Aujourd'hui, les flux et les stocks intermédiaires ne sont pas optimisés à l'échelle de la chaîne d'approvisionnement et certains processus sans valeur ajoutée directe sur le produit génèrent des délais importants (par exemple, les processus liés à la gestion de la documentation, ainsi que les contrôles qualité parfois redondants). Une meilleure intégration des données d'identification, de gestion et des données techniques entre tous les acteurs de la chaîne pourrait permettre de traiter cet enjeu majeur d'agilité et de réactivité.

Les enjeux principaux pour les fournisseurs de rang 2 ou supérieur

Au rang 2 ou supérieur, les fournisseurs rencontrent des enjeux similaires à ceux observés au rang 1, portant sur la diversité de leur portefeuille client, le besoin d'avoir une empreinte plus internationale (notamment d'un point de vue industriel pour les fournisseurs n'ayant pas de bureau d'études) et la nécessité d'améliorer leur performance opérationnelle. Il faut noter le changement de paradigme notamment pour les fournisseurs de rang 2 ou supérieur : offrir une performance industrielle très élevée (par exemple, un taux de livraison à temps - ou On-Time Delivery en anglais - supérieur à 97 % en moyenne et jusqu'à 99 % pour les monocouloirs) n'est plus un avantage concurrentiel, mais devient un prérequis pour simplement survivre dans une industrie aéronautique de plus en plus exigeante.

Au-delà de ces trois enjeux partagés, les fournisseurs de rang 2 ou supérieur sont confrontés à l'enjeu supplémentaire d'être capable **d'augmenter leur capacité financière** afin notamment d'investir dans leurs outils industriels pour rester compétitif et devenir autonomes dans l'achat de leur matière. Cette problématique de capacité financière est particulièrement présente dans les petites structures de la filière ayant souvent une structure actionnariale familiale, avec des dirigeants réticents à ouvrir le capital, et des taux d'endettement déjà importants.

³³ Source : <https://www.usinenouvelle.com/article/boostaerospace-le-langage-commun-de-l-aeronautique>. N401262.

Une des réponses peut être la croissance (organique, ou externe *via* des consolidations) ou encore l'augmentation de la rentabilité pour dégager une capacité d'autofinancement supplémentaire, notamment par l'amélioration de la performance opérationnelle. Le groupe We are Aerospace a, par exemple, été constitué depuis 2015 par les intégrations successives des petites sociétés Chatal, Espace, Farella, Bouyausare et Comefor ; il s'est ainsi doté d'une capacité financière, assortie d'une stratégie industrielle et commerciale intégrée, permettant de répondre aux défis à venir.

We Are Aerospace³⁴

« We Are Aerospace est le groupe constitué par l'intégration des sociétés CHATAL, ESPACE et FARELLA. Originellement associés au sein d'ACE Aéronautique, ces trois acteurs historiques ont décidé en 2015 de lancer le projet We Are Aerospace, une démarche originale de création d'un groupe industriel international. Ces trois sociétés fondatrices furent rejointes dans ce processus par la société PRISMADD, une société industrielle dédiée au développement de la fabrication additive. En 2017, les entreprises BOUYAUSARE et COMEFOR rejoignent le groupe. We Are Aerospace est un groupe intégré, doté d'une stratégie industrielle, commerciale et financière, qui vise à répondre à un impératif de taille critique voulue par les clients mais aussi à soutenir la volonté des dirigeants de diversifier leurs activités pour s'internationaliser.

We Are Aerospace ambitionne de proposer une offre globale aux clients comprenant tournage, fraisage, fabrication additive, tôlerie fine, soudure, CND traitements de surface et peinture, équipements et assemblage. »

Fin 2016, We Are Aerospace représentait un effectif de 1 000 collaborateurs sur 18 sites dans quatre pays et un chiffre d'affaires de 110 M€. À horizon 2020, We Are Aerospace ambitionne un effectif de 1 500 collaborateurs et un chiffre d'affaires de 300 M€.



Un autre enjeu concerne le **manque de compétences disponibles**, qui affecte considérablement les petites et moyennes structures. Il est souvent difficile pour ces entreprises d'attirer et de retenir des talents qui leur préfèrent souvent les grandes entreprises (ou les *start-up*). Par ailleurs, il existe une vraie disparité de compétences disponibles et d'attractivité selon la région concernée ; les régions bénéficiant de forts bassins de population seront plus favorisées, de même que celles bénéficiant de centres de formation initiale autour de l'aéronautique. Enfin, les métiers industriels pâtissent d'un manque d'attractivité global par rapport à d'autres métiers, dans le service notamment. Pour illustrer l'importance de cet enjeu pour les industriels, on peut noter que, parmi les actions d'accompagnement proposées par Bpifrance et le GIFAS dans le cadre du plan d'accompagnement « Ambition PME-ETI », c'est l'accompagnement sur les problématiques des ressources humaines qui est le soutien le plus demandé par les entreprises participantes.

³⁴ Sources : <https://www.weare-aerospace.com/fr/we-are-groupe/> ; We Are Aerospace consolide la filière aéronautique dans les Pays de la Loire (Les Echos; 16/06/2017).

D'autres enjeux existent pour certaines catégories d'entreprises parmi les fournisseurs de rang 2 ou supérieur :

- Les petites entreprises positionnées sur des marchés de niche (ce qui est une spécificité notable de la filière aéronautique) doivent impérativement croître sur leur technologie cœur jusqu'à atteindre une taille critique, pour réduire leurs coûts de production.
- Les entreprises positionnées sur des produits à faible volume doivent chercher à la fois à maintenir leur proximité et leur relation de confiance avec les donneurs d'ordres pour conserver les contrats ; mais elles doivent également chercher à se positionner sur des marchés à plus fort volume.
- Les petites structures (PME et TPE), souvent familiales, devront développer leur capacité d'investissement industriel pour rester des partenaires crédibles auprès des acteurs de rang 1 notamment en vue de la prochaine génération d'avions.

L'export et la coopération européenne, enjeux prioritaires du segment militaire français

Les marchés de la Défense étant par nature essentiellement nationaux, la partie à venir se concentre sur la situation et les enjeux du marché français, tout en apportant des éclairages sur les marchés européen et mondial.

Un marché français toujours protégé, mais de manière plus différenciée que précédemment

La France compte une base industrielle de Défense importante incluant (en intégrant les activités aéronautiques et non aéronautiques) dix grands groupes et près de 4 000 PME.

Parmi ces PME, 350 sont considérées comme « stratégiques », signifiant qu'il serait très difficile ou coûteux de les remplacer ou de trouver une seconde source d'approvisionnement, d'autant plus en considérant les contraintes spécifiques de la filière aéronautique en matière de qualification des fournisseurs. Il faut souligner que la plupart de ces entreprises réalisent la majeure partie de leur chiffre d'affaires dans des activités civiles (80 % en moyenne contre 20 % de chiffre d'affaires des activités de Défense).

Environ 200 000 emplois de haute technicité sont concernés par ces activités.

Cette base fait l'objet d'une protection assumée compte tenu de son caractère stratégique, à au moins trois titres, pour la France :

- D'un point de vue géopolitique, l'autonomie nationale en matière d'armement est un objectif affiché politiquement et reconduit d'année en année.
- D'un point de vue industriel, des investissements élevés et constants depuis 50 ans maintiennent la France dans le cercle restreint des nations de premier plan dans l'écosystème industriel mondial.
- D'un point de vue de développement, la France a pour ambition de porter son effort de Défense à 2 % du PIB à l'horizon 2025.

La vitalité de l'industrie aéronautique française est également le fruit d'une solide gouvernance institutionnelle. Le ministère des Armées, par le biais de la Direction Générale de l'Armement, veille en effet à maintenir les compétences clés pour la Défense nationale au sein de l'écosystème industriel français. Ses trois missions - équiper les armées françaises ; préparer l'avenir et le futur des systèmes de Défense (en particulier en développant une industrie résidente de la Défense viable par le maintien d'un équilibre entre les commandes nationales, les activités civiles et l'export) et promouvoir les exportations d'armement capitales pour que l'industrie de la Défense conserve ses compétences et reste compétitive – se répondent et sont intimement liées.

La France s'est dotée de toutes les capacités sur son sol pour pouvoir développer et fabriquer un certain nombre de systèmes militaires, notamment les avions de combat. Elle fait d'ailleurs partie des rares pays dans le monde (avec les États-Unis, la Russie et bientôt la Chine) à disposer de l'ensemble de ces capacités. Les principes

d'autonomie souveraine et d'indépendance technologique ont longtemps constitué un impératif politique strict. Cependant, aujourd'hui, les politiques en matière d'achat de Défense se différencient davantage, du fait d'abord des nouvelles contraintes budgétaires, mais aussi du retard pris dans certaines technologies (ex. : drones de surveillance et de combat) et de la volonté d'accroître la logique d'interopérabilité des forces à engager au niveau européen.

Certains systèmes demeurent dans le domaine sanctuarisé, comme le nucléaire, mais pour d'autres, la France peut faire le choix, sous certaines conditions (dont la pluralité des sources disponibles) d'en faire l'acquisition sur le marché international comme les drones américains Reaper ou les armes légères allemandes HK416 F, remplaçantes des FAMAS. Ce champ des systèmes pour lesquels la France se pose la question de l'importation est croissant.

Cette situation a permis de conduire des programmes de coopération européen (ex. : NH90, Tigre) et de créer des industriels donneurs d'ordres de rang 0 de plus en plus intégrés au niveau européen (MBDA, Airbus Defense & Space, Thales).

Un marché français qui a terminé un cycle de grands développements et doit préparer le prochain

Il faut noter que la Défense française sort d'un cycle de grands développements qui a commencé dans les années 1980 avec notamment : le char Leclerc, les hélicoptères Tigre et NH90, l'avion Rafale, les missiles Aster et Meteor, ou encore les sous-marins Barracuda et SNLE (sous-marins nucléaires lanceurs d'engins).

Les conséquences pour les industriels français de la Défense, et notamment en aéronautique, sont plurielles. Ils doivent gérer des bureaux d'études qui sont maintenant sous-alimentés et doivent changer leur orientation d'une phase de développement à une phase centrée sur la production et l'entretien d'équipements déjà vendus.

Par ailleurs, une autre tendance, observée à l'échelle mondiale, devrait avoir des répercussions, à moyen terme, sur le paysage de l'aéronautique de la Défense : les coûts de développement des avions s'accroissent de façon exponentielle. De manière illustrative, la loi d'Augustine XVI (1983) stipule qu'« en 2054, la totalité du budget de la Défense serait allouée à l'achat d'un seul avion tactique. Cet avion sera partagé entre l'Armée de l'air et la Marine 3½ jours par semaine [...] ». Ainsi, un futur avion de combat de future génération pourrait coûter plus de 100millions de dollars par unité.

Cette tendance pose la question bien identifiée des partenariats industriels dans le secteur de la Défense, notamment au niveau européen, comme développé ci-dessous.

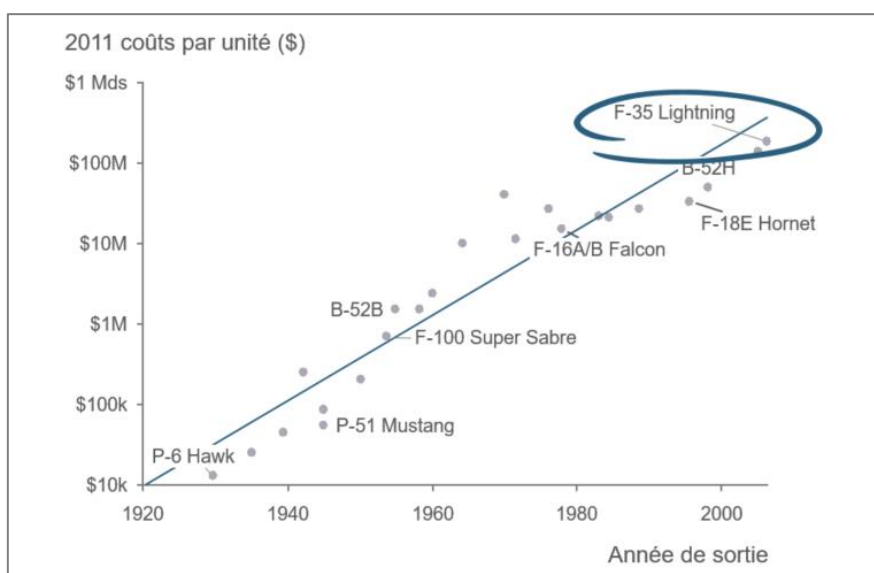


Figure 13 : Coûts de développement des avions de combat américains selon leur année de sortie³⁵

³⁵ Articles de presse ; Avionics 2008.

Les nouvelles technologies seront beaucoup plus coûteuses en acquisition et il paraît clair que seuls les budgets militaires les plus conséquents (type États-Unis, Chine et Russie) pourront supporter le développement en propre d'un avion de combat. La base industrielle et technologique de Défense (BITD) apparaît en ordre dispersé et pourrait être insuffisamment consolidée pour supporter les coûts de développement de la prochaine génération d'équipements. Ce problème est aussi visible dans d'autres secteurs de la Défense comme l'Industrie navale.

Pour répondre à ces nouvelles problématiques, deux réponses semblent nécessaires : 1/ S'orienter davantage vers les marchés à l'export pour amortir les coûts fixes ; 2/ Se tourner vers plus de coopération européenne pour accroître les capacités financières. Cependant, ces réponses supposent une adaptation du principe de souveraineté, selon lequel un pays a la capacité de produire intégralement ses systèmes de défense sur son sol. Ainsi, accroître les ventes à l'export peut conduire des industriels français à transférer encore plus de compétences à l'étranger, voire à réaliser des arbitrages d'investissement en faveur de leurs implantations étrangères afin de maintenir leur croissance à l'export, affectant de fait la capacité des sites français. Enfin, une coopération européenne dans un projet de développement implique de répartir les activités dans différents pays, la France ne pouvant donc pas toutes les assurer.

La nécessité pour les industriels français d'exporter et de s'adapter à des pays importateurs qui veulent développer leur industrie

Compte tenu de la structure des coûts de cette industrie, la France doit exporter ses produits pour amortir ses coûts fixes, maintenir des cadences de production minimales et assurer le maintien des compétences et de la compétitivité des entreprises dans le domaine de la production et de l'innovation. Laurent Collet-Billon, précédent délégué général pour l'Armement, estime ainsi : « Il est vital de développer nos exportations pour mieux amortir nos coûts fixes, faire tourner les chaînes de production et dégager des ressources supplémentaires pour l'innovation ».

À titre d'illustration, le programme Rafale de Dassault Aviation n'est rentable qu'à partir de onze appareils vendus par an sur la période 2014-2019 (66 avions sur six ans). Sur cette période, l'armée française ne prévoyait de commander que 26 appareils, mais les commandes à l'export ont permis d'atteindre le seuil de rentabilité, avec 84 commandes fermes³⁶ :

- en 2015, l'Égypte commande 24 avions ; le Qatar commande également 24 avions et place une option de 12 avions supplémentaires,
- en 2016, l'Inde commande à son tour 36 avions,
- en 2017, le Qatar signe un accord sur la levée de l'option de 12 avions supplémentaires, commande qui sera enregistrée au versement du premier acompte.

La politique active de soutien à l'exportation se heurte à trois réalités.

A - Les acteurs américains et russes rendent le marché mondial de l'export très concurrentiel. À titre d'exemple :

- Le F35 Joint Strike Fighter (américain) est vendu en Grande-Bretagne, en Italie, en Turquie, en Israël et en Norvège.
- Le F15 Eagle (américain) est vendu au Japon, en Arabie saoudite, en Israël et en Corée du Sud.
- Le F16 Falcon (américain) est l'avion le plus utilisé sur les théâtres d'opérations dans le monde. Ses utilisateurs principaux au-delà des États-Unis sont : Israël, Turquie et Égypte.
- Le MiG-29 (russe) est exporté dans plus de 30 pays (dont l'Inde).
- Le Su (27, 30), (russe), est largement exporté au sein de pays émergents (Ukraine, Chine, Inde ou Vietnam).

³⁶ Source : Dassault Aviation.

À noter que les États-Unis exportent beaucoup en acceptant des transferts de technologies et la production de certains éléments chez les importateurs. Cependant, les transferts de technologies concernent souvent leurs avant-dernières générations de systèmes et ne touchent pas les systèmes américains clés et stratégiques qui sont obligatoirement conservés sur le sol américain.

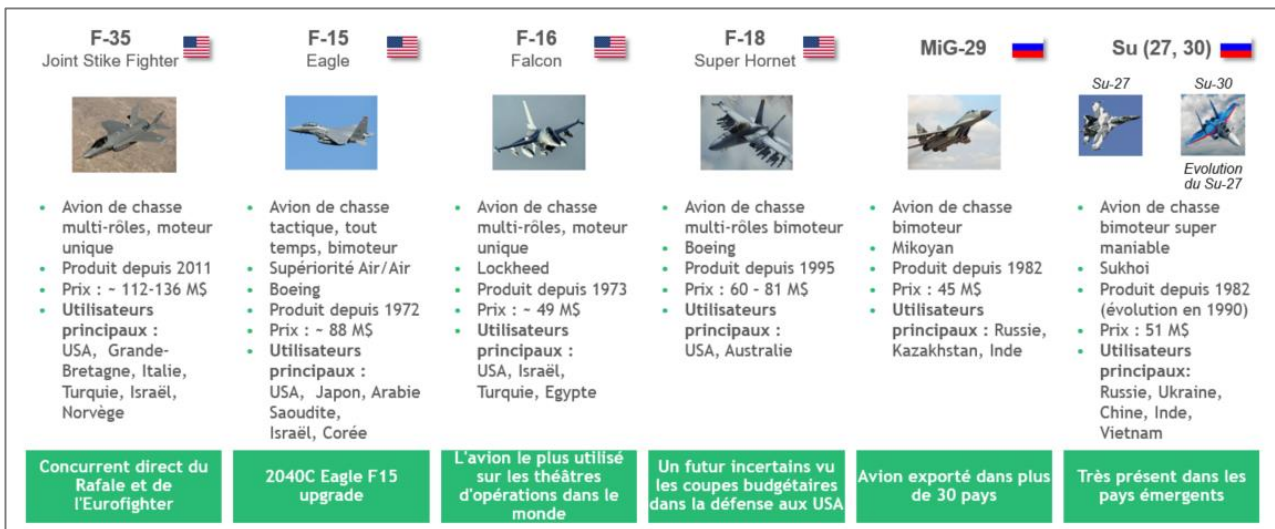


Figure 14 : Caractéristiques des principaux avions de combat américains et russes³⁷

B - La concurrence à l'export se joue également entre acteurs européens : ainsi, le Gripen suédois est exporté en Afrique du Sud, en Hongrie, en République tchèque, en Thaïlande et au Brésil. L'Eurofighter, développé en coopération entre le Royaume-Uni, l'Allemagne, l'Italie et l'Espagne, a été vendu en Autriche, à Oman, au Koweït et en Arabie saoudite.



Figure 15 : Caractéristiques des principaux avions de combat européens

C - Par ailleurs, les principaux pays importateurs (Inde, Arabie saoudite, Brésil...) cherchent également à développer leur industrie de Défense non seulement pour des questions d'autonomie mais aussi pour les retombées économiques locales. Pour les pays occidentaux, le fait de conclure des alliances géopolitiques n'est plus suffisant pour accéder aux marchés locaux. Des facteurs autres que politiques entrent en ligne de compte. En particulier, le fait de produire localement et de transférer des technologies, à travers des coentreprises établies

³⁷ Source : base de données pour l'aéronautique 2015 de Teal Group.

avec des entreprises locales, s'est imposé dans la plupart des pays importateurs comme une condition indispensable d'accès à leur marché. Cette tendance s'illustre à travers trois exemples :

- 1^{er} exemple : accord entre les États-Unis et la Corée du Sud : lors de la vente de quarante avions F-15, lancement du codéveloppement de la technologie pour le Boeing Sonic Cruiser et d'un projet de drone (production d'ailes et de fuselage avant).
- 2^e exemple : le projet entre la France et l'Inde à l'occasion de la vente de trente-six avions Rafale ; la volonté de l'Inde est qu'un transfert de technologies s'opère sur le territoire indien ; la solution est encore en cours de finalisation.
- 3^e exemple : la création de la « Saudi Arabian Military Industries » illustre la volonté politique du royaume de réaliser 50 % de la production industrielle militaire localement. L'Arabie saoudite étant devenue en 2015 le plus gros importateur d'armes du monde (devant l'Inde) pour un montant d'environ 6 Md\$, il semble inévitable de voir un impact de cette volonté politique sur le tissu industriel des pays exportateurs.

Aller chercher des marchés à l'export permet d'augmenter la charge, de mieux amortir ses coûts fixes de développement et d'industrialisation, mais aussi potentiellement de financer la R & D et les futures technologies françaises. Cependant, l'export peut se solder par un transfert de technologies pouvant armer les pays importateurs en compétences pour de futurs développements. Il peut aussi, comme abordé précédemment, créer un lien de dépendance entre des groupes industriels et des marchés étrangers, favorisant l'implantation de moyens hors de France. S'il est peu probable que la France accepte de délocaliser des bureaux d'études à l'étranger, des transferts accrus de compétences sont à prévoir. Il est d'ailleurs à noter que les nouvelles technologies (et notamment l'intégration digitale de nombreuses données) pourront permettre à une entreprise de s'implanter plus rapidement dans un pays en codifiant ses pratiques de développement et en travaillant de manière très centralisée depuis la France.

La nécessité d'accroître la coopération européenne en question

L'industrie aéronautique française de Défense entre dans une ère où la préférence nationale n'est plus systématique pour tous les systèmes, où les coûts de développement deviennent considérables et où la concurrence au niveau mondial est de plus en plus importante. Dès lors, la coopération européenne peut être une voie pertinente vers laquelle s'orienter.

Un programme de coopération européenne de Défense comprend à la fois la définition (la technologie) et la production (les moyens industriels). Il a pour objectif le partage des coûts de développement, assure des volumes de production plus importants (permettant de baisser les coûts unitaires) et rentre dans une logique d'interopérabilité des troupes de différents États membres. Il se construit souvent autour de la coopération franco-allemande ou franco-britannique.

Une coopération renforcée entre pays européens soulèvera cependant de nombreux défis (comme on peut déjà l'observer dans les programmes actuels comme l'A400M ou le NH90). Tout d'abord, elle sous-entendra de confier des lots de conception et production à différents pays, en limitant de fait la production de la France sur son sol pour le programme concerné. De plus, l'évolution d'un produit ne pourra être décidée que d'un point de vue collégial et non plus national. Par ailleurs, dans le moins favorable des cas, il faudra l'accord de tous les partenaires pour décider de l'exportation d'un produit ou d'une technologie. Il semble enfin plus difficile de concevoir de telles pratiques sans une politique de Défense européenne.

Des actions préparatoires sont menées au moment de la rédaction de ce rapport en vue de renforcer la coopération européenne en matière de Défense. Il existe, par exemple, une réflexion sur la possibilité de créer une « DARPA à l'europpéenne » permettant de concentrer la recherche et le développement de technologies à usage militaire.

Par ailleurs, étant donné les redondances industrielles existantes sur le marché européen et le besoin d'une taille critique pour développer la prochaine génération d'avions militaires, une consolidation de la base industrielle et technologique de Défense au niveau européen apparaît nécessaire et inévitable. Il y a pour l'heure peu de mouvement dans l'aéronautique militaire, au contraire de l'armement terrestre (fusion du Français Nexter et de l'Allemand KMV, sous le nom de KNDS) ou du naval (projet d'alliance du Français Naval Group et de l'Italien Fincantieri).

Si un rapprochement entre acteurs majeurs (Dassault, Thales, Airbus, Leonardo, BAES) se dessinait pour l'aéronautique, les entreprises françaises de la supply chain – notamment les ETI, PME et TPE – qui sont aujourd'hui en ordre dispersé, seraient alors en concurrence avec leurs homologues européens.

Quatre enjeux spécifiques à la Défense

Afin de répondre aux tendances précédemment évoquées et de saisir les opportunités à l'export, les entreprises françaises doivent faire face à quatre enjeux spécifiques au secteur de la Défense : 1/ maîtriser les transferts de technologies, 2/ proposer des produits adaptés aux justes besoins des clients à l'export et à des coûts compétitifs, 3/ décloisonner le civil et le militaire, et 4/ se préparer à d'éventuelles consolidations européennes à venir.

En premier lieu, comme il a été précisé précédemment, les principaux pays importateurs cherchent à développer leur industrie nationale de Défense. Pour atteindre cet objectif, la plupart des pays importateurs (par exemple l'Inde et l'Arabie saoudite) imposent qu'une partie ou la totalité de la production soit réalisée sur leur territoire (logique « d'offset » ou compensation). Cette exigence s'applique en premier lieu aux plateformes mais se répercute aussi aux équipementiers, principalement de rang 1 qui vont devoir **développer une base industrielle au sein des pays importateurs** et, pour cela, développer des partenariats avec des acteurs locaux. On peut penser que les fournisseurs de rang 1 vont chercher à trouver des fournisseurs de rang 2 locaux, exigeant de leurs fournisseurs historiques qu'ils s'implantent autour d'eux ou en développant de nouveaux fournisseurs locaux, par exemple en double source. Les fournisseurs de rang 2 devront alors être capables de suivre leurs clients, d'autant plus que les fournisseurs sur place gagneront rapidement en maturité industrielle et pourront bâtir leurs capacités industrielles directement avec la dernière génération de technologies.

Dans la même logique, et cet enjeu concerne aussi davantage les entreprises exportatrices de rang 1, il faut **proposer des produits toujours plus adaptés aux justes besoins des clients à l'export**, en particulier pour les équipementiers. Cela signifie par exemple que des pays importateurs dont la main-d'œuvre est peu coûteuse ne vont pas avoir besoin d'équipements très automatisés. Il sera aussi possible de développer des plateformes modulaires sur lesquelles intégrer des briques technologies personnalisées. Les besoins seront en effet très différents entre de petits pays qui accepteront des solutions abordables « toutes prêtes » quand d'autres demanderont de nombreuses fonctionnalités personnalisées. Par ailleurs, et si la nature stratégique de leurs activités les protège *a priori* d'une délocalisation, certains équipementiers de Défense ressentiront tout de même une pression sur leurs coûts (poussée par leur client) et devront trouver des solutions moins coûteuses, comme une forme de coopération européenne.

Par ailleurs, il est nécessaire de **décloisonner les segments civil et militaire**. Pendant longtemps, les plus gros budgets et les innovations étaient concentrés dans le domaine de la Défense, alors que le domaine civil avait tendance à intégrer ces avancées technologiques à ses produits. Aujourd'hui, la tendance s'inverse ou au moins se stabilise et les entreprises de Défense doivent savoir intégrer plus facilement les innovations du civil dans leurs applications militaires. Par ailleurs, elles doivent pouvoir s'appuyer davantage sur les bonnes pratiques des chaînes de production civile et le développement de standards communs entre ces deux secteurs devient nécessaire. Un tel rapprochement possible pourra apporter aux entreprises de Défense à la fois plus de compétitivité mais aussi de nouvelles opportunités dans le marché civil dont la croissance est bien supérieure à celle du marché militaire. Ce rapprochement pourra être facilité par les nouvelles technologies qui, par nature, offrent des moyens de développement et de production plus flexibles, agiles et rapides.

Enfin, les fournisseurs de la Défense doivent se **préparer à d'éventuelles consolidations à venir** dans le paysage européen, en vue des développements complexes et coûteux à venir et de la volonté d'accroître les liens et l'interopérabilité des armées des États membres. Ces fournisseurs doivent donc conserver une forte maîtrise technique de leurs produits et leurs processus de fabrication afin d'être dans une position d'entreprise intégratrice plutôt qu'intégrée et d'avoir de plus grandes chances de s'imposer sur la scène européenne. Ils doivent aussi faciliter les coopérations technologiques et industrielles afin d'anticiper des rapprochements plus importants.

Une filière française complète, avec des *leaders* mondiaux au rang 1 et une majorité de PME au rang 2

La filière française est remarquablement complète, et compte toutes les capacités sur le sol national permettant de développer et de produire des avions et hélicoptères. Seuls les États-Unis ont une filière comparable de ce point de vue.

La filière constitue également un pilier majeur des industries exportatrices françaises, aux côtés du luxe et de la pharmacie.

Une filière pesant près de 60 milliards d'euros de chiffre d'affaires et plus de 300 000 salariés au total

Le Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales (GIFAS) rassemble 376 groupes ou entreprises au sens LME³⁸, depuis les grands maîtres d'œuvre et systémiers jusqu'aux PME. Il représente une profession dont le chiffre d'affaires agrégé est de l'ordre de 58,3 Md³⁹, qui exporte 84 % de sa production, emploie directement 185 000 personnes et dégage un excédent commercial de 22,2 Md€. Par ailleurs, l'excédent brut d'exploitation (ou EBITDA) est en moyenne de 9 %⁴⁰ pour l'ensemble des acteurs français.

En considérant l'ensemble des acteurs participant à la filière aéronautique (en particulier les petites et moyennes structures non nécessairement adhérentes du GIFAS et/ou pouvant être présentes dans plusieurs secteurs), le nombre total s'élève à environ 1 500 entreprises et regroupe près de 300 000 salariés.

Ces estimations sont indicatives et doivent être considérées avec précaution :

- L'identification du périmètre d'entreprises à considérer est complexe et diffère selon les sources car de nombreuses entreprises exercent également dans d'autres secteurs que l'aéronautique
- La définition des entités prises en compte évolue. À titre d'exemple, l'INSEE considérait les unités légales dans ses statistiques jusqu'en 2013, et utilise dorénavant la notion d'entreprise au sens LME
- La notion de chiffre d'affaires total de la filière, définie en additionnant le chiffre d'affaires de ses entités, est sujette à caution car elle conduit à ajouter les revenus d'une entreprise à ceux de son fournisseur, surestimant ainsi le chiffre d'affaires consolidé total « aux bornes de la filière ». La notion de valeur ajoutée est de ce point de vue plus adaptée à une vue consolidée, mais les données sont lacunaires

Les principales sources pour chiffrer les dimensions de la filière sont présentées ci-dessous.

Tableau 1 : Différentes approches pour le chiffrage du dimensionnement de la filière

Approche	INSEE	Xerfi / Orbis	GIFAS (membres seulement)	GIFAS (toutes entreprises)
Nombre d'entreprises	224	183	376	1 547
Nombre de salariés	103 000	nd	185 000	301 000
CA agrégé	45,4 Md€	53,2 Md€	58,3 Md€	72,8 Md€

³⁸ La loi de modernisation de l'économie (LME) de 2008 a introduit une définition de l'entreprise et de sa taille (décret n°2008-1354) à partir de critères économiques qui conduit à une meilleure vision du tissu productif. Cette nouvelle définition était jusqu'à présent approchée par la notion de groupe. Elle est désormais pour la première fois précisée par l'introduction du profilage.

³⁹ Chiffres GIFAS 2017 pour l'activité 2016 collectés par la Banque de France.

⁴⁰ Chiffres GIFAS 2018 pour l'activité 2017 collectés par la Banque de France.

<i>Autres informations</i>	CA à l'export : 22,4 Md€ VA : 13,8 Md€	Résultat net : 2,6 Md€	Excédent commercial de 22,2 Md€	-
<i>Sources</i>	Données ESANE 2016 – codes NAF 30-30Z (Construction aéronautique et spatiale) et 30-40Z (Construction de véhicules militaires de combat)	Opérateurs issus du COD NAF 30-30Z et d'autres codes NAF Informations des greffes des Tribunaux de Commerce	Chiffres GIFAS 2017 pour l'activité 2016 collectés par la Banque de France	Nombre de groupes et de salariés collectés de façon déclarative par le GIFAS en 2017 CA agrégé extrapolé à partir des données INSEE/ESANE des entreprises suivant leur taille
<i>Intérêts de la méthode</i>	Donne une vision statique de la VA et le CA à l'export de la filière qui sont plus représentatifs que les CA agrégés	Offre une vision plus élargie que celle de l'INSEE et dynamique de l'évolution sur 4 années consécutives des principaux indicateurs Permet une vue sur les rangs	Intègre toutes les entreprises adhérentes du groupement professionnel Capture tous les grands groupes	Offre une vision élargie du nombre de personnes travaillant dans la filière, y compris les entreprises répertoriées par d'autres codes NAF ou travaillant aussi pour d'autres secteurs
<i>Limites de la méthode</i>	Ne prend en compte que les codes NAF 30-30Z et 30-40Z, or de nombreux acteurs de la filière n'y sont pas répertoriés Ne donne pas la vision par entreprise ni par taille de l'entreprise	Intègre un nombre d'entreprises limité	Ne prend pas en compte les petites et moyennes structures non adhérentes	Risque de comptabiliser des salariés ne travaillant pas à 100 % pour l'aéronautique

Compte tenu de ces limites méthodologiques, les analyses qui suivent ne prétendent pas à l'exactitude et sont fournies pour établir des ordres de grandeur de référence.

Un tissu industriel français caractérisé par des acteurs de rang 1 parmi les *leaders* mondiaux et une majorité de PME au rang 2 ou supérieur

La description de la filière n'est pas un exercice facile. Il existe différentes bases non totalement cohérentes entre elles.

En intégrant l'ensemble des entreprises de la filière identifiées par le GIFAS⁴¹, on peut segmenter la filière en quatre groupes⁴² :

- Les grandes entreprises (GE, effectif supérieur à 5 000 salariés) sont au nombre de sept (Safran, Airbus, Thales, Dassault Aviation, Air France Industries, Zodiac Aerospace, Stelia et MBDA) : elles représentent 40 % de l'effectif total (~120 000) et 46 % du chiffre d'affaires agrégé estimé.

⁴¹ En intégrant donc les petites et moyennes structures non nécessairement adhérentes du GIFAS et/ou pouvant être présentes dans plusieurs secteurs.

⁴² Classement établi à partir des chiffres GIFAS regroupant toutes les entreprises.

- Les entreprises de taille intermédiaire (ETI, effectif entre 250 et 4 999 salariés) sont au nombre de 159 : elles représentent 41 % de l'effectif total (~124 000) et 45 % du chiffre d'affaires.
- Les petites et moyennes entreprises (PME, effectif entre 10 et 249 salariés) sont au nombre de 1 063 : elles représentent 18 % de l'effectif total (~54 000) et 9 % du chiffre d'affaires.
- Les très petites entreprises (TPE, effectif inférieur à 10 salariés) sont au nombre de 318 : elles représentent 1 % de l'effectif total (~2 000) et moins de 1 % du chiffre d'affaires.

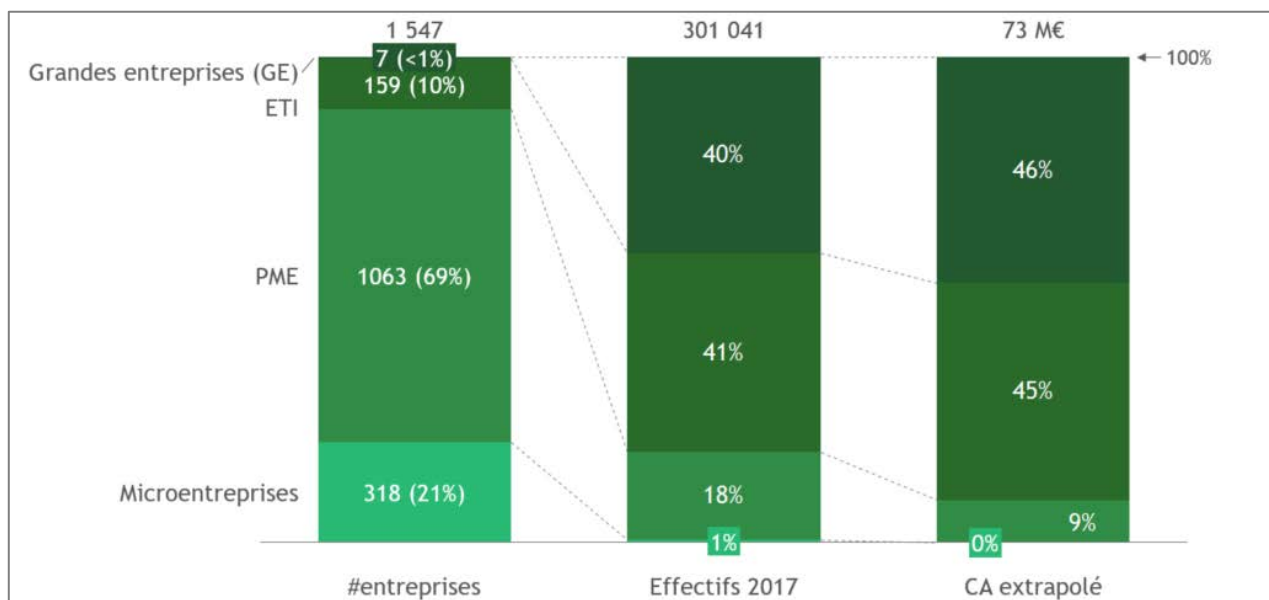


Figure 16 : Répartition du nombre d'entreprises, des effectifs et du chiffre d'affaires suivant le type d'entreprise⁴³ à partir des bases GIFAS 2017

Par ailleurs, l'approche Xerfi/Orbis fournit des informations sur le rang des 183 acteurs qui composent cet échantillon (représentant 53 Md€ de CA et couvrant donc une large partie de la filière) :

- Les plateformes et fournisseurs de rang 1 représentent dans cet échantillon 25 % du nombre d'entreprises mais plus de 90 % du chiffre d'affaire cumulé.
- Les fournisseurs de rang 2 ou supérieur représentent 75 % des entreprises pour seulement 9 % du chiffre d'affaires français.

⁴³ Source : Nombre de groupes et de collaborateurs collectés de façon déclarative par le GIFAS en 2017 : CA agrégé extrapolé à partir des données INSEE/ESANE des entreprises suivant leur taille.

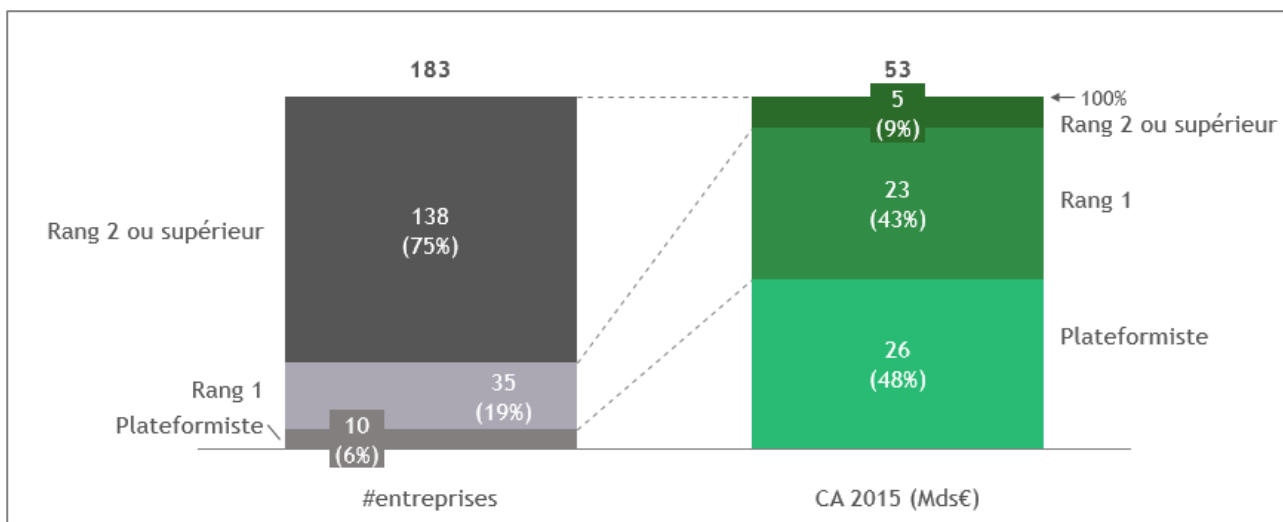


Figure 17 : Répartition du chiffre d'affaires suivant le rang de l'entreprise⁴⁴ d'après l'échantillon XERFI

Au-delà des bases, il est important de souligner que la filière aéronautique française compte des fournisseurs de rang 1 parmi les *leaders* mondiaux. Ces acteurs sont en général issus de consolidations, à l'image de Safran et Zodiac, dans le segment de la propulsion et des systèmes. En revanche, Stelia, principal acteur dans le segment des aérostructures, est issu d'une filialisation du groupe Airbus.

La situation s'analyse par domaine :

- Dans le domaine des aérostructures, la France compte trois acteurs dont le chiffre d'affaires dépasse 500 M€ : Stelia (2,1 Md€ de CA en 2016), Daher (1,1 Md€) et Latécoère (0,7 Md€).
- En ce qui concerne le marché des systèmes, trois acteurs français ont un chiffre d'affaires dépassant 5 Md€ : Thales, Safran et Zodiac.
- Enfin, dans la filière de la propulsion, Safran totalise 8 Md€ de chiffre d'affaires.

Ces acteurs de rang 1 sont de véritables chefs de file de l'industrie, architectes industriels capables d'entraîner dans leur croissance et dans leur expansion internationale les fournisseurs de rang 2 ou supérieur. Historiquement majoritairement liés à Airbus, nombre de ces équipementiers de rang 1 sont devenus fournisseurs de Boeing, voire de Bombardier, d'Embraer ou de COMAC.

⁴⁴ Sources : Xerfi, d'après Greffes des Tribunaux de Commerce, code NAF 30-30Z et autres codes pertinents ; Orbis ; INSEE.

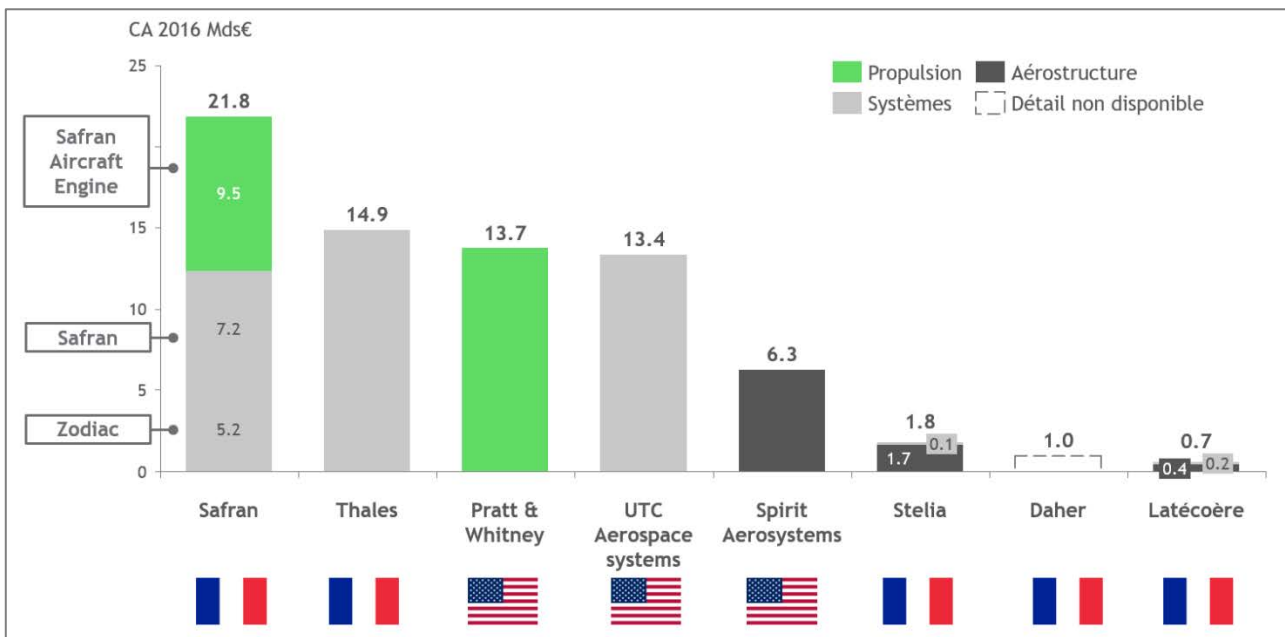


Figure 18 : Chiffres d'affaires 2016 par segment d'activité des principaux fournisseurs de rang 1 français et positionnement des premières entreprises américaines⁴⁵

La situation des fournisseurs de rang 2 est différente. Sur le même échantillon Xerfi/Orbis précédemment utilisé, les 138 entreprises de rang 2 ou supérieur sont composées d'une large majorité de PME et Microentreprises – près de 83 % du nombre d'entreprises.

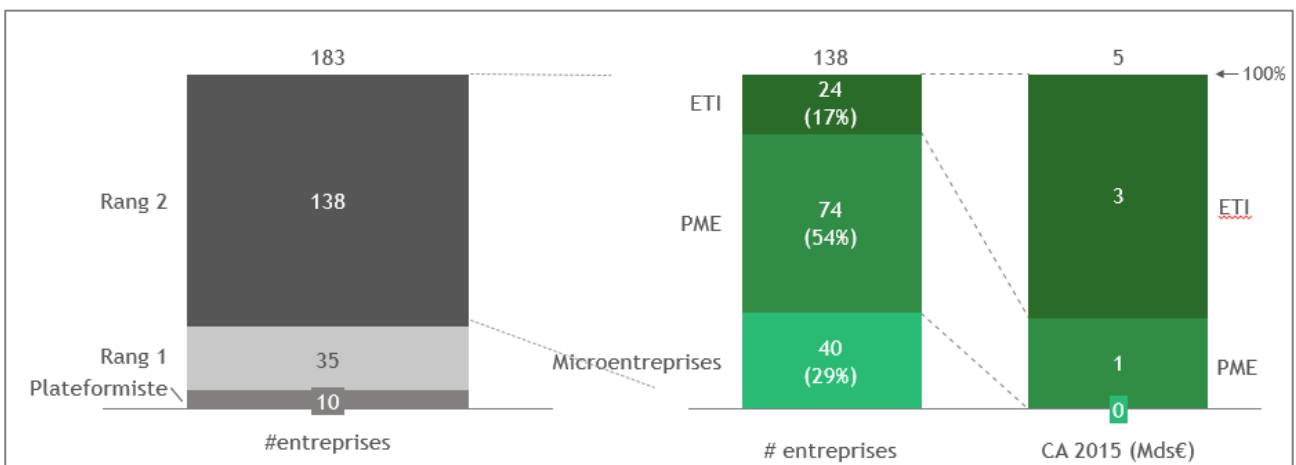


Figure 19 : Répartition du nombre d'entreprises et du chiffre d'affaires pour les entreprises de rang 2⁴⁶

⁴⁵ Notes : les chiffres de Safran et de UTC Aerospace Systems sont considérés avant consolidation avec respectivement Zodiac et Rockwell Collins ; le taux USD/Euro utilisé est de 0,848. Source : sites internet des entreprises.

⁴⁶ Source : Xerfi, d'après Greffes des Tribunaux de Commerce, code NAF 30-30Z et autres codes pertinents ; Orbis ; INSEE.

Tableau 2 : Liste des top 30 groupes français de la filière aéronautique⁴⁷

Groupe	Rang ⁴⁸	CA 2016 (M€)	Résultat d'exploitation 2016 (M€)	Dépenses d'investissement 2016 (M€)
AIRBUS	Plateformiste	66 581	- 429	- 3 060
SAFRAN (<i>hors Zodiac</i>)	Rang 1	16 621	2 920	- 743
THALES	Plateformiste	14 885	1 140	- 429
ZODIAC AEROSPACE	Rang 1	5 208	269	- 137
AIR FRANCE INDUSTRIES	Services	4 182	238	nd
DASSAULT AVIATION	Plateformiste	3 666	290	- 108
MBDA	Plateformiste	3 000	nd	nd
ERAMET	Rang 2	2 954	- 17	- 194
ATR	Plateformiste	1 800	nd	nd
STELIA	Rang 1	1 800	nd	nd
LISI	Rang 1	1 595	157	- 133
DAHER	Rang 1	1 005	nd	nd
LATECOERE	Rang 1	656	16	- 16
MECACHROME	Rang 1	400	nd	nd
SABENA	Services	402	nd	nd
LACROIX ELECTRONICS	Rang 2	301	nd	nd
FIGEAC AERO	Rang 1	252	38	- 59
RADIALL	Rang 1	310	62	- 10
GORGE	Rang 1	290	9	- 5
AD Industrie	Rang 1	200	nd	nd
SOFRADIR	Rang 1	214	nd	nd
LAUAK	Rang 1	106	nd	nd
MECAPOLE	Rang 1	150	nd	nd
AAA	Services	150	nd	nd
NEXTEAM	Rang 1	120	nd	nd
FINAERO	Rang 1	135	nd	nd
WE ARE AEROSPACE	Rang 1	110	nd	nd
AXON CABLE	Rang 1	85	1	nd
SPHEREA TEST & SERVICES	Services	110	9	nd
DUQUEINE	Rang 1	97	nd	nd

Une segmentation d'ensemble liée au rang des acteurs et à la taille des séries sur lesquelles ils sont positionnés

Compte tenu de la diversité de la filière aéronautique, il est important de la segmenter pour évaluer au mieux la pertinence des solutions Industrie du Futur. Un segment est un groupe de sociétés ayant un ensemble d'enjeux similaires et les mêmes compétences pour y faire face. Des sociétés ayant un ensemble d'enjeux similaires bénéficieront potentiellement de solutions similaires, même si elles ne les déploieront probablement pas de la même façon.

⁴⁷ Sources : Capital IQ, Orbis, sites internet des entreprises. Note : ont été exclues de la liste les entreprises étrangères ayant des implantations en France ; les entreprises de conseil ainsi que les entreprises n'ayant pas une large partie de leurs activités en aéronautique.

Quatre critères semblent pertinents pour différencier les sociétés de la filière entre elles dans l'optique du déploiement de solutions Industrie du Futur : 1/ Le type de métiers, 2/ La part d'ingénierie, 3/ La taille de la société, 4/ La taille des séries.

1 - Le type de métiers : fabrication d'alliages ; tôlerie/chaudronnerie ; forge/fonderie ; usinage ; fabrication de composites/plastiques ; traitement de surface et thermique ; assemblage ; fabrication de produits électriques/câblages ; fabrication de composants électroniques.

- Le métier d'assemblage est comparativement plus manuel et donc intensif en main-d'œuvre. Il se prête d'autant plus à l'enjeu de trouver des sources à bas coût, notamment pour des sous-ensembles de pièces simples. Par ailleurs, le métier d'assemblage est par nature en bout de chaîne et fait face à un enjeu majeur de maîtrise de sa chaîne d'approvisionnement ainsi que celui de garantir la qualité finale du produit.
- À l'autre bout de la chaîne, les métiers de fabrication d'alliages, de forge ou de fonderie peuvent présenter une plus forte variabilité que l'usinage ou l'assemblage, et un effort accru peut être apporté sur le maintien d'une excellente performance industrielle (par exemple en nombre de livraisons par l'heure). Par ailleurs, les lourds processus associés vont nécessiter davantage d'investissements et de besoins en fonds de roulement à mobiliser dans des cycles de production plus longs.
- Le métier de l'usinage est très concurrentiel et souvent réalisé par des petites et moyennes structures : ces acteurs sont dès lors face à un enjeu de consolidation de leurs moyens de production afin de gagner notamment en capacités financières.
- D'autres métiers font face à des enjeux spécifiques, comme celui de traitement de surface pour lequel l'entreprise doit maintenir un lien particulier avec ses donneurs d'ordres afin d'anticiper une demande imprévisible et au jour le jour.

2 - La part d'ingénierie dans l'entreprise : fabrication avec un bureau d'études sur spécification du client « Build-to-Spec » ; fabrication sur plan c'est-à-dire sans capacité d'ingénierie « Build-to-Print ».

- Les entreprises avec un bureau d'études important doivent d'abord moderniser leurs outils de conception pour s'adapter au besoin d'innovation incrémentale. Elles doivent aussi constituer le socle digital du produit qui permettra la « continuité numérique » à savoir, adapter la conception aux données en utilisation des produits. Par ailleurs, elles doivent gérer les baisses de charges lorsque les développements sont moins nombreux (comme c'est le cas actuellement) et ainsi chercher à diversifier leurs bases de clients (pour trouver d'autres développements) ou leur offre de produits (par exemple pour proposer des services d'ingénierie). Elles s'efforcent de ne pas réduire drastiquement leurs effectifs car c'est cette capacité d'ingénierie qui leur permettra de continuer à se différencier dans le futur. Ces entreprises doivent également répondre à l'enjeu du « besoin de concevoir partout » en étant prêtes à installer la conception près des grands donneurs d'ordres. Ces entreprises ont enfin, par nature, une capacité d'ingénierie permettant d'individualiser davantage leurs offres de produits et pouvant être un facilitateur dans le déploiement des solutions de type Industrie du Futur.
- Les entreprises sans bureau d'études sont davantage centrées sur des réflexions industrielles, et peuvent *a priori* être plus facilement délocalisables que ce soit pour développer des sources à bas coût ou transférer des technologies dans des pays acquéreurs d'équipements de Défense. Enfin, la capacité d'ingénierie est souvent réduite à un bureau d'industrialisation, limitant de fait le temps d'ingénieurs pour travailler sur des solutions Industrie du Futur.

3 – La taille de l'entreprise : microentreprise, PME, ETI, grande entreprise

- Les entreprises de taille petite à moyenne ont un enjeu d'atteinte de taille critique (la barre est généralement placée à 100 M€ de chiffre d'affaires selon les grands donneurs d'ordres), afin d'être crédibles lors des prochaines générations de développement et d'obtenir des capacités financières supplémentaires (notamment pour se moderniser). Par ailleurs, des entreprises de petite taille devront protéger leur cœur de métier et grossir afin d'avoir plus de chances de survivre en cas de consolidation du paysage.
- Les entreprises de taille importante, avec un réseau de sites industriels, doivent rendre ce réseau de plus en plus efficace d'un point de vue coût (en délocalisant les produits simples vers des pays à bas coût) et en termes de communication entre leurs sites. En outre, ces entreprises disposent de moyens financiers

et généralement d'un grand nombre d'ingénieurs rendant plus favorables le lancement et la conduite de projets de modernisation et de digitalisation.

4 - La taille des séries ou taille des lots : petites séries de type aviation d'affaires ou militaire avec quelques unités produites par mois ; moyennes séries pour l'aviation commerciale et en particulier l'A320 ou l'A350 chez Airbus avec quelques dizaines d'unités produites par mois.

- Les entreprises positionnées sur de petites séries font face à une forte variabilité de la demande et devront être très proches (géographiquement comme dans les relations) de leurs clients pour augmenter leurs performances et leur réactivité.
- Les entreprises positionnées sur de grandes séries ont des pressions très importantes de la part de leurs clients et auront des enjeux d'amélioration de la performance opérationnelle comme de réduction de coût (en recourant notamment à des sources à bas coût de production). Par ailleurs, ces entreprises devront piloter activement leur chaîne d'approvisionnement afin de s'assurer de sa montée en cadence et en compétence. Elles devront également améliorer leur capacité à intégrer les innovations sans ruptures dans la chaîne de production.

Même si ce n'est pas systématique, les trois premiers critères énoncés sont évidemment largement corrélés. On peut identifier des entreprises types et l'on retrouve d'ailleurs des notions de rang de fournisseur :

- Les OEM (fabricants d'équipements d'origine)/fournisseurs de rang 1 sont généralement axés sur des activités d'assemblage et de support à la flotte installée. Ils travaillent en fabrication sur spécifications et possèdent des bureaux d'études importants. Enfin, ces entreprises sont généralement de taille importante.
- Les fournisseurs de rang 2 ou supérieur sont généralement focalisés sur des activités de préparation matière ou de transformation, plus centrées sur la machine. Elles travaillent généralement en fabrication sur plan et ont une part d'opérateurs plus importante en proportion dans leurs effectifs. Elles sont aussi plus petites et ont de fait des capacités humaines et financières plus limitées pour envisager la mise en œuvre de solutions autour de l'Industrie du Futur.

Cette typologie peut être complétée par le critère « taille de volume » afin de constituer quatre macro-segments pertinents d'analyse :

- Les OEM ou fournisseurs de rang 1 travaillant sur des séries moyennes à importantes (exemple : Stelia),
- Les OEM ou fournisseurs de rang 1 travaillant sur de petites séries (exemple : Dassault Aviation),
- Les fournisseurs de rang 2 ou supérieur travaillant sur des séries moyennes à importantes (exemple : Supermetal),
- Les fournisseurs de rang 2 ou supérieur travaillant sur de petites séries (exemple : Sédéméca).

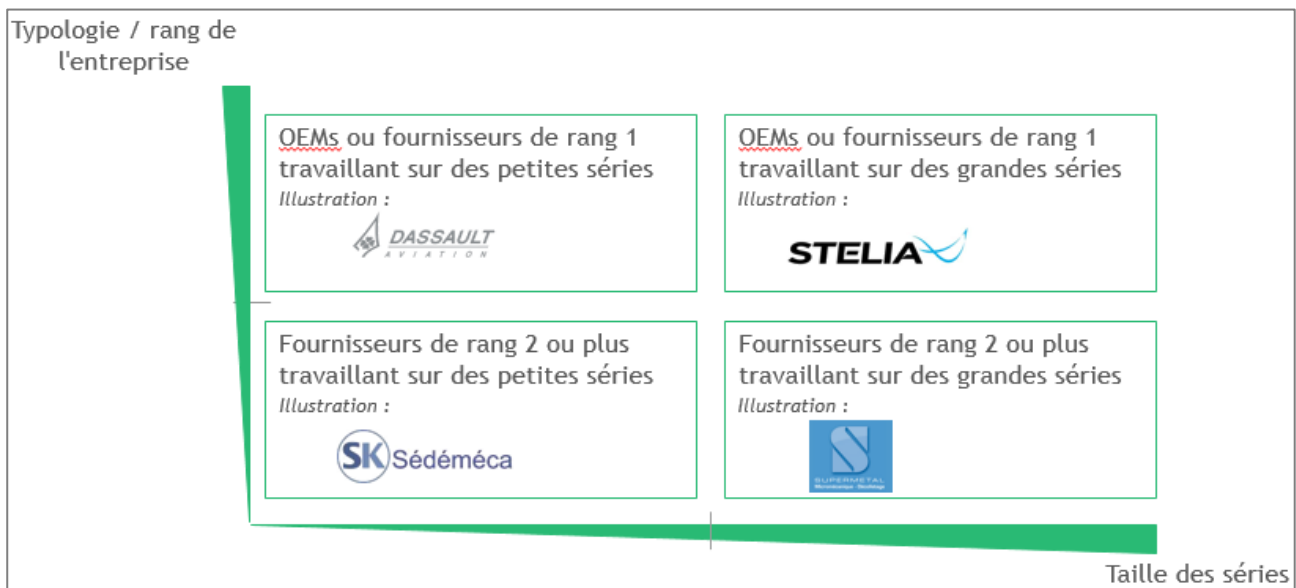


Figure 20 : Quatre macrosegments pertinents d'analyse

Cette segmentation est schématique et il convient d'en préciser les limites :

- D'autres critères pourront être pertinents pour évaluer les solutions : citons la complexité du produit (un produit complexe et coûteux justifie des investissements supérieurs), les types de filière (la filière motoriste a des exigences qualité plus élevées que l'aérostructure) ou l'aspect stratégique du produit (un produit clé dans un équipement de Défense limitera de fait les transferts ou le risque d'être racheté).
- Une entreprise donnée ne rentre pas nécessairement strictement dans l'un de ces segments : certaines peuvent faire de l'usinage et de l'assemblage, d'autres être positionnées sur des petites et grandes séries. Par ailleurs, il existe des entreprises de rang 1 faisant de l'assemblage mais de petite taille (ex. : Corse Composite) comme il existe des entreprises de rang 2 ou supérieur appartenant à un grand groupe (ex. : le groupe PCC).
- Une segmentation statique ne doit également pas faire oublier que les entreprises évoluent en taille et en domaines d'activités.

Cette segmentation permettra dans le volet 2 de préciser le domaine d'applicabilité des différentes solutions technologiques et de calculer le potentiel de réduction de coût propre à chaque segment.

Une répartition géographique en France très hétérogène

Il est important de souligner que la filière aéronautique française est fortement concentrée en *clusters* dans quelques grandes régions qui peuvent constituer un critère supplémentaire d'analyse. Les seules quatre régions à plus de 20 000 salariés sont : l'Île-de-France, l'Occitanie, la Nouvelle-Aquitaine et Auvergne-Rhône-Alpes.

Ces *clusters* se sont souvent construits autour des grands donneurs d'ordres, ce qui leur confère une identité forte mais aussi une certaine dépendance à la santé économique du donneur d'ordres. À titre d'exemple, la filière de la région Nouvelle-Aquitaine dépend de manière significative de Dassault Aviation, qui est positionné sur les marchés militaires et d'aviation d'affaires, avec une conjoncture plus difficile que le marché de l'aviation civile.

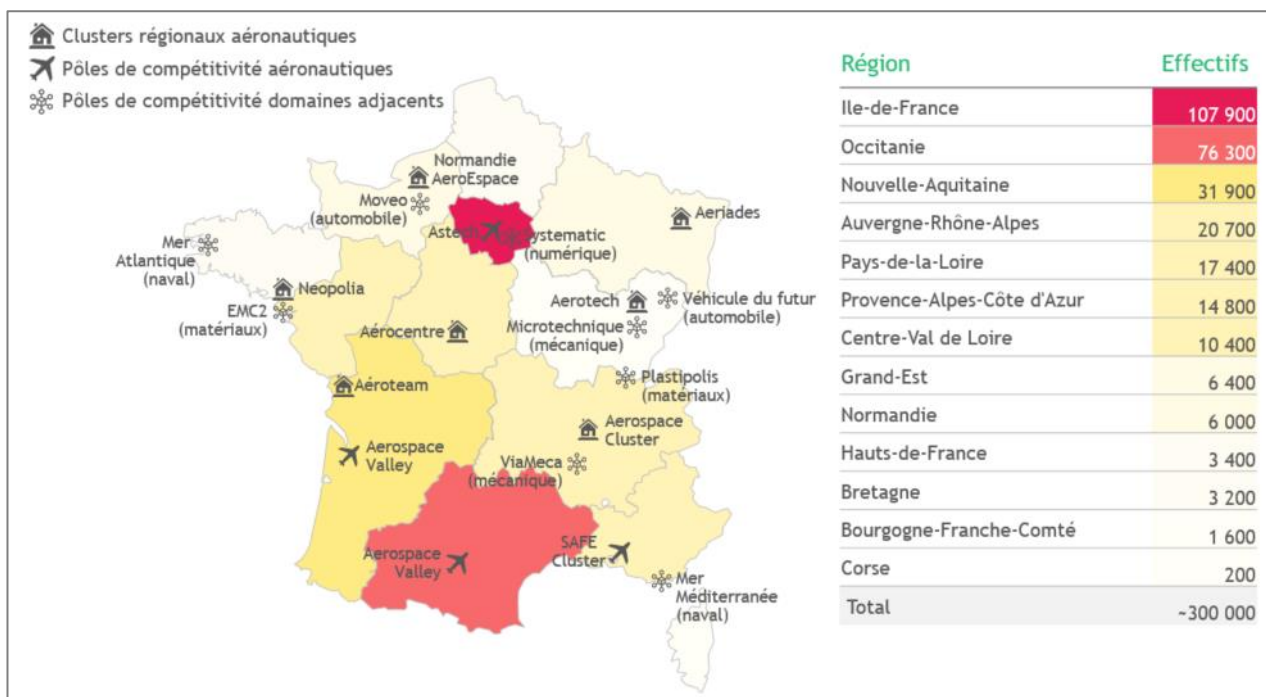


Figure 21 : Répartition de l'emploi aéronautique en France et principaux clusters régionaux pertinents selon le type d'entreprise⁴⁸

Conclusion du panorama : la filière française fait face à un défi inédit de compétitivité et doit engager d'urgence sa transformation

Dans les cinq ans à venir⁴⁹, on peut s'attendre à voir amplifiées les tendances décrites.

a/ La demande civile devrait continuer à croître en étant de plus en plus tirée par l'Asie, engendrant d'importantes montées en cadence. Cette demande concernera des produits de plus en plus personnalisés. Concernant le marché de la Défense, les ventes du Rafale en Inde vont nécessiter la mise en place d'une chaîne d'approvisionnement dans le pays. Aucun nouveau programme majeur de Défense n'est identifié à ce stade sur cette période.

b/ Le duopole constitué de Airbus/Bombardier et Boeing/Embraer de l'autre devrait se renforcer. S'il ne constitue vraisemblablement pas encore une menace à horizon cinq ans, l'avionneur chinois Comac va commencer à monter en puissance en commercialisant ses premiers avions.

c/ Les consolidations des fournisseurs de rang 1 (à l'image des fournisseurs de la filière automobile dans les années 1990 et 2000) devraient se poursuivre après les récentes consolidations UTC-Rockwell et Safran-Zodiac. Implantés dans les zones à bas coût où la demande est forte, de nouveaux fournisseurs devraient émerger et adopter d'emblée des moyens de production Industrie du Futur. Le soutien de certains gouvernements, comme la Chine, ne fait pas de doute.

d/ Les deux programmes majeurs de développement produit en préparation (321 NEO+ chez Airbus, MoM chez Boeing) devraient porter des évolutions incrémentales plutôt que des ruptures technologiques majeures. Les

⁴⁸ Source : nombre de groupes et d'employés collectés de façon déclarative par le GIFAS en 2017 : CA agrégé extrapolé à partir des données INSEE/ESANE des entreprises suivant leur taille.

⁴⁹ Vision à cinq ans ébauchée lors d'un atelier avec un panel d'industriels de la filière, sur la base des observations de l'étude.

innovations vont se concentrer et s'accroître autour des données : développement de capteurs pour les produire, développement de plateformes pour les utiliser, solutions de cybersécurité pour les protéger. Par ailleurs, on peut s'attendre à des innovations dans les solutions de divertissement à bord (IFE, pour In-Flight Entertainment), et plus largement l'univers des cabines.

e/ Face à la montée des cadences, l'augmentation de la concurrence et l'absence de nouveaux programmes de rupture dans les cinq ans, les grands donneurs d'ordres devraient chercher à se repositionner dans les services, grâce à l'exploitation des données, afin de capter davantage de valeur. Ceci pourrait transformer le marché de l'après-vente, où les équipementiers captent actuellement une part importante de la valeur créée. De plus, les donneurs d'ordres pourraient poursuivre le mouvement de réinternalisation de certains segments de la chaîne de production à forte valeur ajoutée (comme les nacelles chez Airbus et l'avionique chez Boeing). En parallèle, les donneurs d'ordres vont imposer un défi de compétitivité inédit à leur chaîne d'approvisionnement.

En réaction à ces transformations à venir, les enjeux pour l'ensemble des acteurs de la filière aéronautique française devraient être de :

- **Accroître la performance de la conception, de la production et de toutes les autres fonctions (en coût, qualité et délai) :** les donneurs d'ordres vont exiger de leur chaîne d'approvisionnement une qualité et un niveau de livraison exemplaires dans le contexte actuel de montées en cadence (concernant en particulier les programmes à grandes séries). Ils vont également attendre une forte réduction des coûts de la part des fournisseurs.
- **Gagner en flexibilité et en agilité :** les capacités d'agilité, de flexibilité et de transférabilité des moyens de production vont devenir des impératifs pour les fournisseurs (notamment pour les petites séries) pour proposer de nouveaux produits ou services et suivre des contrats de Défense ou de nouvelles implantations des grands donneurs d'ordres hors de France.
- **Croître :** dans le marché civil, les donneurs d'ordres vont continuer d'inciter leurs interlocuteurs directs à des consolidations pour atteindre une taille critique d'au moins 100 M€, et à une diversification de la base clients de leurs fournisseurs pour que ceux-ci gagnent en efficacité. Dans le marché de la Défense, les fournisseurs devront eux aussi se préparer à croître pour avoir une taille critique leur permettant de se positionner sur les futurs grands programmes de Défense.
- **Recruter et former :** les aspects de formation et de recrutement vont devenir critiques dans les prochaines années étant donné les fortes montées en cadence, le manque actuel de certaines compétences clés pour une transformation digitale et le déficit d'attractivité de l'industrie ; les entreprises de petite taille et/ou implantées dans des bassins d'emploi restreints seront particulièrement concernées.

Aussi se dessine le risque d'une filière à deux vitesses, que l'on peut décrire de façon simplifiée ainsi :

- Ceux qui réagissent, l'innovation, l'implantation hors des frontières, l'augmentation de l'export, la consolidation et le recrutement de nouveaux talents. Par ailleurs, ils exercent une pression accrue sur leurs propres fournisseurs afin de préserver les marges.
- Ceux qui subissent, voire décrochent, avec une capacité plus limitée à investir et à se réinventer, peu de leviers de négociation en raison de la dépendance vis-à-vis des grands fournisseurs et des directions souvent en transition.

L'Industrie du Futur peut agir comme un facilitateur pour répondre aux défis, notamment en aidant à la montée en maturité industrielle et digitale de tous les acteurs, et en facilitant la collaboration entre les différents acteurs de cette filière.

VOLET 2 – L'INDUSTRIE DU FUTUR, UN LEVIER CLÉ DE TRANSFORMATION DE LA FILIÈRE

Un ensemble de solutions technologiques autour de l'usage industriel des données arrive aujourd'hui à maturité et présente des cas d'usage à même de répondre à des enjeux clés de la filière aéronautique. L'impact est substantiel sur les coûts de conception et de production, mais aussi sur la compétitivité hors coût.

Ce chapitre vise à :

- décrire ce qui existe et est déjà utilisé dans la filière ;
- partager des ordres de grandeur financiers afin de replacer les leviers « Industrie du Futur » parmi les autres leviers.

De nombreux leviers, dont l'utilisation des technologies de l'Industrie du Futur, peuvent améliorer la compétitivité de la filière

Afin de répondre au besoin inédit de compétitivité explicité dans le volet 1, plusieurs leviers, propres à la filière ou d'environnement économique et réglementaire, pourraient être actionnés.

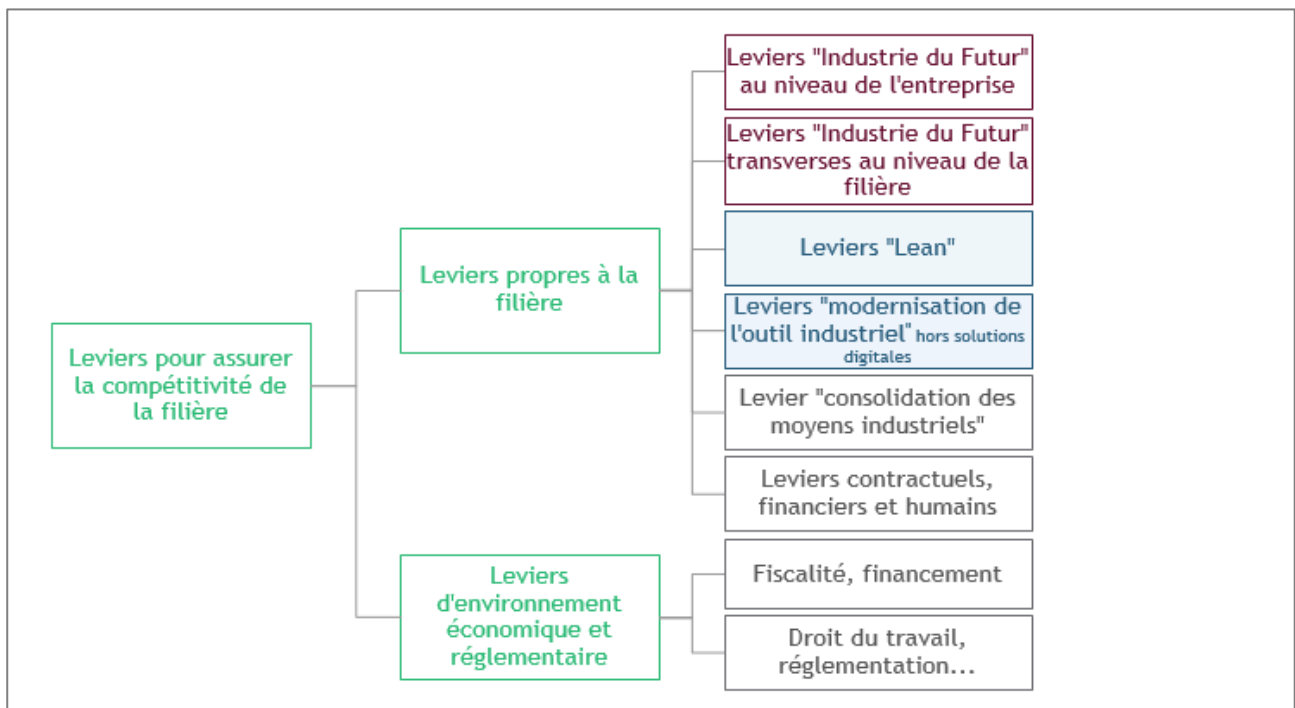


Figure 22 : Illustration schématique des différents leviers permettant d'améliorer la compétitivité de la filière

L'étude se concentrera sur les leviers Industrie du Futur. Ils sont de deux natures :

- certaines solutions Industrie du Futur peuvent être déployées par chaque entreprise sur son périmètre ;
- d'autres, de nature transverse à l'entreprise, nécessitent une approche collective pour être déployées.

Si les solutions Industrie du futur portent la promesse d'améliorations substantielles de compétitivité pour la filière, d'autres leviers propres à la filière doivent être considérés pour répondre à l'enjeu de compétitivité, en particulier :

- **L'excellence opérationnelle et surtout le « Lean ».** Cette démarche doit permettre d'accroître les performances mais peut aussi faciliter le déploiement de solutions Industrie du Futur, en instaurant les habitudes de mesure des performances et d'amélioration continue. Inversement, les solutions Industrie du Futur peuvent contribuer à accroître la maturité industrielle, et de nouvelles approches *Lean* peuvent émerger grâce au digital ; ainsi, la mise en place et le suivi d'indicateurs de performance peuvent être facilités par des outils digitaux
- **La modernisation des moyens de production et de gestion.** Le sujet est critique dans l'industrie française, qui souffre d'un sous-investissement depuis plusieurs années. Entre 2004 et 2014, on a pu constater un recul de l'investissement de l'ordre de 42 Md€⁵⁰, entraînant une obsolescence de l'outil industriel qui nécessite aujourd'hui d'être remplacé massivement. Dans le cadre de cette étude, on distingue, pour simplifier, les solutions Industrie du Futur (émanant de nouvelles technologies autour de la donnée) de la modernisation de l'outil de production en général. Néanmoins, les machines les plus modernes facilitent l'exploitation des données et le déploiement des solutions Industrie du Futur.
- **La consolidation des moyens industriels.** Elle peut permettre de réaliser des économies d'échelle et d'augmenter le pouvoir de négociation face aux banques et aux fournisseurs de l'entreprise. Les donneurs d'ordres encouragent d'ailleurs leurs sous-traitants à croître pour dépasser un chiffre d'affaires de 100 M€.
- **Des clauses « gagnant-gagnant » dans les relations contractuelles.** En effet, les termes des contrats de sous-traitance et l'horizon de temps des commandes (en particulier pour les fournisseurs de rang 2 ou plus) peuvent favoriser ou au contraire pénaliser la visibilité à long terme et donc l'investissement et le recrutement. Il s'agit d'un sujet stratégique pour la filière qui ne peut être géré selon les seules logiques de réduction des coûts d'achat.

Parmi les leviers de compétitivité liés à l'environnement économique et réglementaire, on peut mentionner les prélèvements obligatoires, qui sont estimés à environ 26 % de la valeur ajoutée produite par la filière⁵¹.

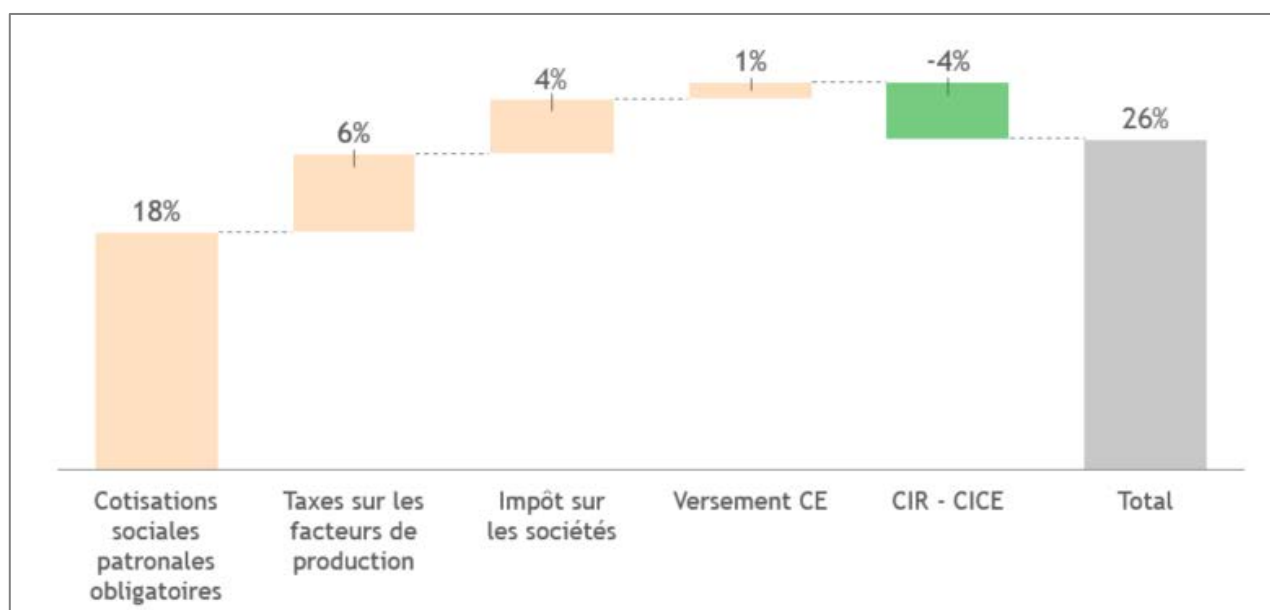


Figure 23 : Part des prélèvements obligatoires dans la filière française (en % de la valeur ajoutée, 2016)⁵²

⁵⁰ Étude prospective sur la modernisation de l'appareil productif français, DGCIS-SYMOP-Gimélec-Roland Berger, mai 2014

⁵¹ Taux de prélèvement obligatoire après CIR et CICE, intégrant cotisations sociales, taxes sur les facteurs de production, impôt sur les sociétés, versement CE. Source : GIFAS.

⁵² Source : GIFAS 2017.

L'ensemble de ces leviers peut agir sur différents aspects de la compétitivité des entreprises (coût et hors coût). Concernant les coûts, l'impact se matérialise à différents niveaux du compte de résultats, comme le précise la figure suivante.

		Industrie du Futur	Lean	Modernisation	Consolidation	Contrats	Fiscalité/cotisations sociales
Chiffre d'affaires	Résultat net						✓
	Fiscalité (IS, fiscalité locale, fiscalité sur les plus values etc.)	●	●	●	●	●	✓
	Résultat financier	●	●	●	✓	●	●
	Frais de structure	✓	✓	✓	✓	●	✓
	Coût R&D	✓	✓	✓	✓	●	✓
	Amortissement et frais généraux Production	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Main d'œuvre Production	✓	✓	✓	●	✓	✓
Achats directs	●	●	●	✓	✓	●	

Figure 24 : Estimation de l'impact des différents leviers sur une structure de coût

Les solutions Industrie du Futur sont très adaptées à certains des enjeux des entreprises de la filière

L'Industrie du Futur se caractérise par l'arrivée d'un ensemble de technologies industrielles à maturité

L'arrivée de nouvelles technologies industrielles, à forte composante digitale, connues sous les termes Industrie du Futur ou Industrie 4.0, est une transformation qui permet de rassembler et analyser les données entre machines, rend les processus de production plus rapides, flexibles et efficaces, tout en fabriquant des produits de meilleure qualité et à coûts réduits. Ces technologies vont transformer, d'une part, la façon de produire et, d'autre part, les relations traditionnelles entre fournisseurs, producteurs et clients, enfin les relations entre l'humain et la machine. Dix tendances technologiques, qui arrivent à maturité au même moment, sont les blocs constitutifs de l'Industrie du Futur et ouvrent le champ à de multiples cas d'application.

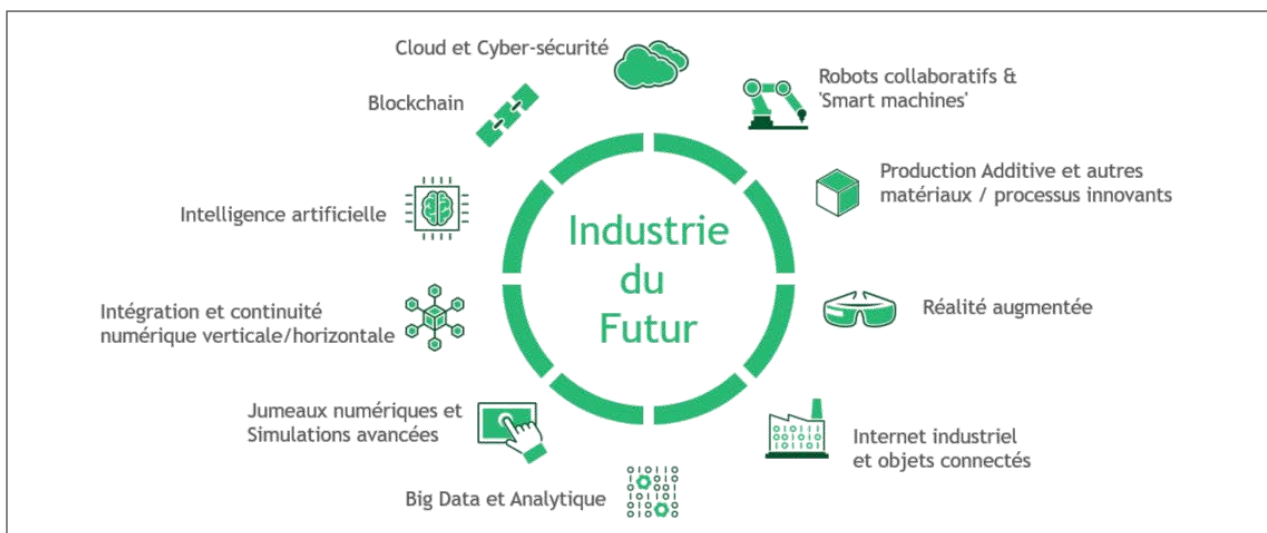


Figure 25 : Présentation des dix technologies Industrie du Futur

Parmi ces technologies, il est important de différencier les technologies « physiques » (Robots collaboratifs et *smart machines*, Internet industriel, Production additive et autres matériaux/processus innovants, Réalité augmentée) des technologies axées sur l'exploitation des données (Big Data et Analytique, Cloud et Cyber-sécurité, Intégration verticale/horizontale, Simulations avancées, Intelligence artificielle, Blockchain).

Ces technologies sont intimement liées les unes aux autres et se renforcent mutuellement *via* la production et l'analyse des données. La plupart des briques technologiques peuvent certes être déployées séparément, mais la transformation ne prend son plein potentiel (en termes d'impact sur les coûts et la qualité) que lorsqu'elles sont pensées et déployées ensemble. Les technologies s'imbriquent en effet selon plusieurs niveaux :

- les capteurs de l'Internet industriel, les systèmes de *Manufacturing Execution System* pour collecter des données,
- les solutions de Cloud, Cybersécurité et Blockchain pour stocker et transmettre en toute sécurité ces données,
- le Big Data et l'analytique pour analyser ces données,
- les actionneurs de l'Internet industriel, les tableaux de bords, la réalité augmentée, les robots pour utiliser ces données.

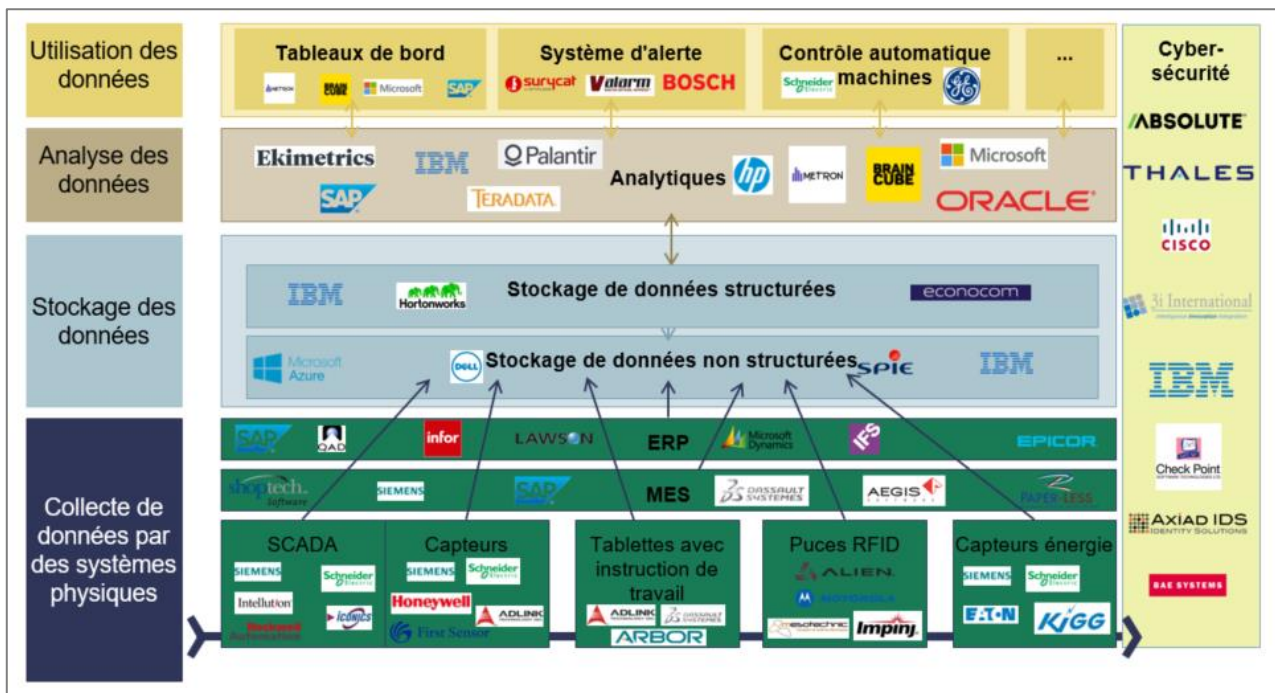


Figure 26 : Illustration des liens entre les technologies

Note : les logos des fournisseurs de solution sont inscrits à titre seulement illustratif.

Ces solutions arrivent aujourd’hui à maturité et l’on dispose désormais d’exemples tangibles de leur déploiement et de leur impact dans de nombreux sites industriels. Cette maturité technologique s’accompagne d’une plus grande accessibilité financière pour la plupart de ces solutions. À titre d’exemple, un *cobot* de type Baxter coûte 30 000 €, un véhicule à guidage automatique (ou AGV) 20 000 €, des capteurs à poser sur un parc industriel existant quelques milliers d’euros.

Présentation générale des dix technologies Industrie du Futur

Technologie

Détails

Robots collaboratifs & « Smart machines »



Les robots deviennent plus autonomes, plus flexibles et plus coopératifs. Ces robots de nouvelle génération peuvent interagir les uns avec les autres, travailler en toute sécurité aux côtés des humains et apprendre à leur contact. Leur champ d’application est ainsi beaucoup plus large que ceux traditionnellement utilisés dans l’industrie. Les *cobots* peuvent coûter entre 20 k€ et 120 k€ en fonction des équipements et des options. Cette solution technologique se déploie au niveau du site de production.

Les cas d’application peuvent être les suivants :

- Robots collaboratifs pour le contrôle qualité sur ligne
- Robot collaboratifs pour assister l’opérateur lors de tâches répétitives et non ergonomiques
- Exosquelettes pour aider les collaborateurs à porter des charges lourdes
- Véhicules Guidés Automatiques (AGV, « Automated Guided Vehicles ») pour automatiser la manutention, le transport et la reconstitution de stocks
- Drones pour inspecter des équipements difficiles d’accès
- Drones pour le transport entre sites ou au sein d’un site

Production additive⁵³ et autres matériaux/processus innovants



Les méthodes de production additive, notamment par impression en 3D, deviennent moins coûteuses, peuvent produire des pièces plus grandes et davantage de matériaux. Au-delà du prototypage accéléré qui est la principale utilisation aujourd'hui, ces méthodes vont permettre de produire des petits lots sur mesure, notamment pour des designs complexes. Des perspectives de nouveaux modèles d'entreprises s'ouvrent, comme la mise en place de systèmes de production additive décentralisés pour réduire les distances et les stocks. Le coût des imprimantes varie très largement en fonction du matériau/alliage et des capacités de l'imprimante, notamment concernant la vitesse et le volume à produire (ordre de grandeur : de 2,5 k€ à plus de 600 k€). Cette solution technologique se déploie au niveau du site de production.

Les cas d'application peuvent être les suivants :

- Production additive pour prototypage
- Production additive pour l'outillage ou les pièces de rechange de machines
- Production additive pour de petites séries
- Production additive pour des séries moyennes
- Rupture dans des procédés classiques (ex. : CND innovant ou usinage par cryogénie) pour augmenter les performances ou la flexibilité de la production

Réalité augmentée



Les systèmes fondés sur la réalité augmentée offrent un large spectre de services, comme la sélection des pièces dans les entrepôts et l'envoi d'instructions pour les réparations sur des appareils mobiles. Par ailleurs, la réalité augmentée permet de fournir aux collaborateurs des informations en temps réel, améliorant ainsi la prise de décision et les modes de travail. Des lunettes affichant des instructions pour l'opérateur coûtent entre 4 et 20 k€ en fonction des équipements. Cette solution technologique se déploie au niveau du site de production ou entre plusieurs sites.

Les cas d'application peuvent être les suivants :

- Affichage d'instructions facilitant les processus de production, de contrôle et de maintenance
- Affichage d'instructions pour la formation
- Accès à des experts en maintenance à distance *via* des équipements mobiles de réalité augmentée
- Prélèvement optimisé de composants dans un stock par l'utilisation d'équipements en réalité augmentée

Internet industriel et objets connectés



Aujourd'hui, dans la plupart des usines, seuls certains des capteurs et des machines sont en réseau et l'application se limite au contrôle des processus de fabrication. De plus en plus d'appareils — incluant parfois même des produits non finis — peuvent désormais être enrichis grâce à l'informatique embarquée, et connectés *via* des technologies standard. Cela permet aux appareils de terrain de communiquer à la fois entre eux et avec des contrôleurs plus centralisés, en fonction des besoins et en temps réel. Cette solution technologique se déploie au niveau du site de production.

Les cas d'application peuvent être les suivants :

- Suivi en temps réel des flux, pièces/outils *via* des puces type RFID
- Détection des produits en entrée de poste et envoi de la procédure adaptée
- Alerte en temps réel en cas de déviation d'un indicateur opérationnel
- Collecte des paramètres en temps réel pour améliorer le contrôle du processus et la qualité
- Appareil permettant de numériser une pièce à des fins de contrôle ou de simulation
- Capteurs portables (exemple sur les vêtements) pour augmenter la sécurité (habilitation ou zones de danger)

⁵³ Consulter l'étude Prospective Pipame – Futur de la fabrication additive, parue en janvier 2017.

Big Data et analytique



Les analyses de données sont apparues récemment dans l'univers industriel pour optimiser la qualité de la production, économiser l'énergie et améliorer l'entretien des équipements. Dans un contexte d'Industrie du Futur, la collecte et l'évaluation exhaustive de données de sources multiples – équipements et systèmes de production aussi bien que systèmes de gestion de l'entreprise et des clients – vont devenir la norme pour favoriser la prise de décision en temps réel et l'optimisation de la performance. L'accès à une plateforme en ligne qui collecte les données d'une entreprise et rend possible de multiples analyses peut coûter de l'ordre de 80 k€ par an. Cette solution technologique se déploie au niveau du site de production ou entre plusieurs sites.

Les cas d'application peuvent être les suivants :

- Gestion de la qualité en analysant l'historique des données de qualité et les paramètres de la machine
- Maintenance prédictive : réduction des temps d'immobilisation de la machine
- Préviation de la demande et amélioration de la planification
- Aide à la décision et automatisation de certaines routines simples *via* la structuration d'une large quantité de données
- Optimisation du niveau de stock global *via* l'analyse de l'historique des niveaux de stock
- Suivi automatisé et pilotage des consommations d'énergie et de fluides

Jumeaux numériques et simulations avancées



Lors de la phase d'ingénierie, des simulations en 3D de produits, matériaux et processus de production sont de plus en plus utilisés ; avec l'Industrie du Futur, les simulations sont également utilisées dans les usines. Ces simulations s'appuient sur des données en temps réel pour refléter le monde physique dans un modèle virtuel, qui peut inclure machines, produits et êtres humains. Cela permet aux opérateurs de tester et d'optimiser, dans le monde virtuel, le paramétrage des machines pour le lancement d'un nouveau produit avant toute modification physique. Un projet de jumeau numérique avec plusieurs applications peut coûter environ 500 k€ pour un site, puis peut être reproduit sur d'autres sites à des prix bien inférieurs. Cette solution technologique se déploie au niveau du site de production ou entre plusieurs sites.

Les cas d'application peuvent être les suivants :

- Jumeau numérique de l'usine permettant de simuler les phases d'industrialisation d'un nouveau produit et d'optimiser les performances
- Amélioration du planning de production par l'utilisation de résultats de simulations fondées sur des données en temps réel
- Simulation sur des maquettes numériques pour accélérer le prototypage et la mise au point en phase de conception
- Jumeau numérique virtuelle de l'usine permettant de piloter les sites à distance

Intégration et continuité numérique verticale/horizontale



La plupart des systèmes informatiques actuels ne sont pas totalement intégrés. Les entreprises, les fournisseurs et les clients sont rarement étroitement reliés. Au sein d'une même entreprise, les fonctions comme l'ingénierie, la production et la maintenance sont également rarement intégrées entre elles. L'afflux de données et de nouvelles technologies de partage, ainsi que les exigences croissantes de performance et de travail collaboratif, favorisent le développement de réseaux d'intégration de données, aboutissant à la mise en place d'une chaîne de valeur automatisée au sein de l'entreprise (intégration horizontale) et le long de la filière (intégration verticale). Cette solution technologique se déploie au niveau du site de production, entre plusieurs sites ou au niveau de la filière dans son ensemble.

Les cas d'application peuvent être les suivants :

- Intégration des données usine *via* des solutions informatisées (« paperless ») ; tableaux de bord digitaux sur poste et pour réunion
- Suivi en temps réel de tous les sites de production dans une tour de contrôle permettant une remontée des informations et une prise de décision accélérées
- Suivi de toute la chaîne d'approvisionnement *via* l'intégration digitale des fournisseurs
- Suivi de la demande *via* l'intégration digitale des clients
- Plateforme de collaboration/outils de conception partagés pendant les phases de développement/Open innovation
- Autres partenariats (partage de technologie, de données, de moyens industriels...)

Intelligence artificielle



L'intelligence artificielle apparaît comme l'étape supplémentaire à la structuration de larges quantités de données au sein des entreprises. Les systèmes ne se contentent plus d'afficher des informations (intégration des données), de proposer des suggestions de décisions à partir de l'analytique (Big Data), ils peuvent dorénavant prendre leurs propres décisions. Cela s'appuie notamment sur l'apprentissage machine (« *machine learning* ») qui est le type d'intelligence artificielle donnant aux systèmes d'information la capacité d'apprendre sans programmation. Dès lors, le déploiement d'intelligence artificielle dans les processus métiers industriels peut accélérer et faciliter de très nombreuses tâches. Cette solution technologique se déploie au niveau du site de production ou entre plusieurs sites.

Les cas d'application peuvent être les suivants :

- moyens de contrôle auto-apprenants à partir de données collectées,
- résolution de problèmes complexes à partir d'une base de données compilée par l'historique d'interventions d'experts,
- aide à la prise de décision complexe en combinant une large quantité de données et des systèmes auto-apprenants.

Blockchain



La Blockchain est une technologie de stockage et de transmission d'informations, transparente, sécurisée, et fonctionnant sans organe central de contrôle. Par extension, une Blockchain est une base de données qui contient l'historique de tous les échanges effectués entre ses utilisateurs depuis sa création. Cette base de données est sécurisée et distribuée : elle est partagée par ses différents utilisateurs, sans intermédiaire, ce qui permet à chacun de vérifier la validité de la chaîne. Il existe des Blockchains publiques, ouvertes à tous, et des Blockchains privées, dont l'accès et l'utilisation sont limités à un certain nombre d'acteurs. Une Blockchain publique peut donc être assimilée à un grand livre comptable public, anonyme et infalsifiable. Comme l'écrit le mathématicien Jean-Paul Delahaye, il faut s'imaginer « un très grand cahier, que tout le monde peut lire librement et gratuitement, sur lequel tout le monde peut écrire, mais qui est impossible à effacer et indestructible ». Cette solution technologique se déploie au niveau de la filière.

Les cas d'application peuvent être les suivants :

- gestion de la chaîne d'approvisionnement à de multiples échelons pour améliorer la visibilité et la coordination des acteurs,
- gestion de la certification des personnes, entreprises et composants de l'avion,
- gestion de l'historique de chaque pièce d'un avion et possibilité de faire des audits immédiats pour augmenter la traçabilité.

Cloud et Cybersécurité



De plus en plus de tâches liées à la production nécessitent un partage de données accru entre sites et au-delà des frontières de l'entreprise. Elles peuvent aujourd'hui bénéficier des vastes capacités de stockage et d'analyse du Cloud, à des coûts très compétitifs. À terme, le Cloud peut devenir une plateforme déportée pour les analyses à grande échelle. La nécessité de protéger des systèmes industriels contre les cybermenaces augmente de façon spectaculaire. En conséquence, la fiabilité et la sécurisation des communications tout comme la gestion des identités et des accès (machines et utilisateurs) deviennent essentiels. Cette solution technologique se déploie sur les sites de production d'une entreprise ou au niveau de la filière.

Les cas d'application peuvent être les suivants :

- stockage sur Cloud pour augmenter les capacités de stockage et d'analyse, et pour gérer le risque de panne de serveur,
- solution de cybersécurité interne pour identifier et résoudre des attaques externes,
- développement collaboratif de solutions de cybersécurité.

De multiples enjeux « business » identifiés qui peuvent être largement résolus par des solutions aujourd’hui « prêtes à déployer »

Des solutions Industrie du Futur permettent de répondre à huit principaux défis opérationnels pouvant concerner chacune des entreprises de la filière aéronautique :

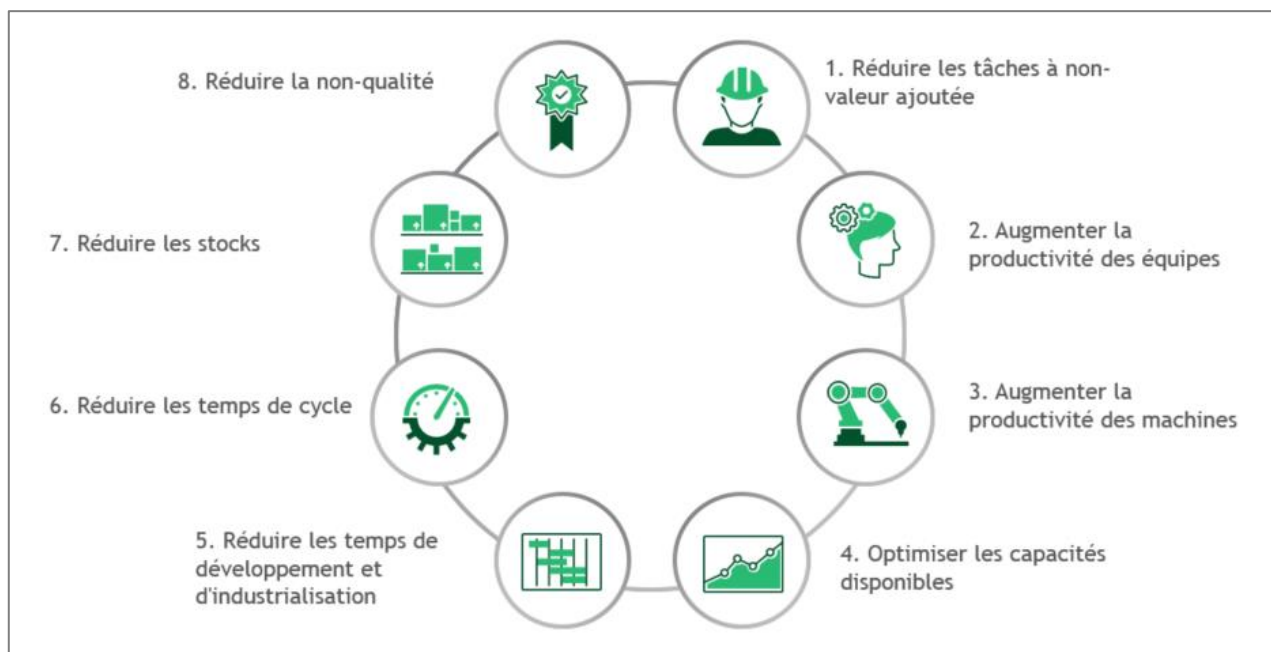


Figure 27 : Illustration des défis opérationnels typiques des entreprises de l'aéronautique

Ces défis opérationnels sont directement liés à deux « macro-enjeux » définis dans le volet 1 : accroître la performance (exemple : augmenter la productivité, réduire les stocks) ; gagner en flexibilité (exemple : réduire les temps de développement). De plus, indirectement, relever ces défis opérationnels permet de traiter le défi lié du recrutement et de la formation, dans la mesure où l'augmentation de la productivité réduit le besoin en personnel (à niveau d'activité constant) et où la modernisation des sites permet d'attirer des profils techniques et innovants.

Il est intéressant de rentrer plus dans le détail :

1. Réduire les tâches sans valeur ajoutée. De nombreuses opérations sans valeur ajoutée subsistent dans l'industrie aéronautique. Elles n'ont souvent pas été automatisées faute de solutions abordables pour les faibles séries ou de moyens technologiques le permettant.

a/ Il peut s'agir, par exemple, de tâches consistant à récupérer des pièces en sortie de machine d'usinage et à les positionner sur un support de contrôle ; ou bien de tâches consistant à charger des éléments dans les avions pour assemblage. Les **cobots** (ou robots collaboratifs) peuvent être pertinents pour assister l'opérateur dans la réalisation de ces tâches pénibles sans forte valeur ajoutée. Ils sont en plus perçus comme socialement favorables car ils améliorent l'ergonomie et collaborent avec l'opérateur sans le remplacer. Si toutes les entreprises peuvent *a priori* étudier le déploiement de tels **cobots**, la vitesse limitée et la charge maximale (de l'ordre de 35 kg) peuvent être des freins à leur développement pour certains métiers⁵⁴.

b/ Un autre exemple intéressant pour la filière concerne les flux logistiques, par exemple d'acheminement de pièces vers le poste d'assemblage ou dans des entrepôts logistiques. Les **AGV** (*Automated Guided Vehicles*, ou

⁵⁴ La fonderie réalise par exemple des bruts bien plus lourds.

véhicules automatiques guidés) peuvent maintenant remplacer la tâche répétitive d'un conducteur de chariot de manutention et permettre de le redéployer vers des tâches à plus forte valeur ajoutée sur le produit. Cependant, l'utilisation d'AGV n'est pas encore possible partout, les AGV n'aimant ni les sols non plats ni la poussière (comme dans les fonderies de la filière aéronautique). Les charges maximales limitées peuvent être un autre frein à son développement.

c/ Il est fréquent que les interactions entre hommes et machines d'usinage ne soient pas optimisées : un opérateur peut être amené à arrêter un programme d'usinage, ouvrir la porte de la machine, intervenir sur la pièce puis refermer la porte et relancer le programme ; et ce plusieurs dizaines de fois sur un programme durant lui-même plusieurs dizaines d'heures. Dès lors, l'opérateur est obligé d'être dédié à une machine en effectuant fréquemment des tâches à faible valeur ajoutée. De nouvelles **solutions digitales de simulation** permettent d'optimiser le processus d'usinage et de limiter au maximum les interventions humaines, pouvant dès lors permettre à un opérateur de gérer plusieurs machines d'usinage en même temps.

d/ Certaines tâches dans les fonctions support à faible valeur ajoutée peuvent aussi être automatisées *via* le déploiement de nouvelles solutions digitales. C'est par exemple le cas de recherche d'informations techniques afin de résoudre des problèmes complexes d'ingénierie. Cette tâche peut être facilitée par l'introduction d'une plateforme de recherche autoapprenante grâce à l'**intelligence artificielle**. Cette option est particulièrement applicable dans les entreprises avec une fonction d'ingénierie importante : cela peut permettre de concentrer le travail des ingénieurs sur des tâches à haute valeur ajoutée. Il faut noter que l'intelligence artificielle est cependant moins mature que les autres technologies et de pareils cas d'application doivent encore être testés avant une généralisation plus large.

2. Augmenter la productivité des équipes. Un autre défi opérationnel considérable de l'industrie aéronautique est la productivité de ses opérateurs, du fait notamment de caractéristiques structurelles de cette industrie, à savoir le volume considérable de documents à gérer (compte tenu des fortes exigences réglementaires), la complexité des produits manipulés et les petites tailles de séries de la plupart des références.

a/ Sur certains sites d'usinage ou d'assemblage, les opérateurs peuvent par exemple passer jusqu'à 25 % de leur temps à remplir de la documentation papier. Des solutions d'**intégration digitale des données** (par exemple *via* des solutions *Manufacturing Execution System* – MES) prennent alors tout leur sens pour réduire le temps passé à traiter la documentation. Il est d'ailleurs à souligner que les fournisseurs de solutions MES travaillent actuellement sur des solutions moins lourdes que les MES historiques, pouvant mieux s'adapter aux besoins des PME/ETI. Cette digitalisation des informations et des procédures permettra en outre de les standardiser, ce qui est souvent un besoin identifié dans l'aéronautique.

b/ La complexité des pièces à gérer liée aux petites séries récurrentes de l'industrie fait que certaines tâches classiques pour des opérateurs (réglage, montage ou contrôle) peuvent leur faire perdre en productivité, par exemple lors d'assemblages électroniques complexes. Dès lors, des solutions de **réalité augmentée** peuvent aider les opérateurs à gérer cette complexité en leur envoyant les instructions digitalisées correspondant à la référence à traiter au poste. Par ailleurs, les entreprises type OEM ou fournisseurs de rang 1 ayant un grand nombre de sites pourront utiliser les équipements mobiles pour faire intervenir à distance un groupe d'experts centralisé.

c/ Enfin, du fait de la complexité des pièces, les opérateurs sont rarement polyvalents, ce qui peut limiter la productivité de l'usine. De nouvelles solutions de formation s'appuyant sur la réalité augmentée ou la réalité virtuelle permettent d'accélérer considérablement la formation d'un opérateur (un mois pour être formé sur une machine et une référence, contre plusieurs mois auparavant) et donc sa polyvalence, et ainsi d'augmenter la productivité globale des collaborateurs.

3. Augmenter la productivité des machines. Dans le contexte de montée en cadence de l'aéronautique, la productivité des machines joue un rôle cœur dans la compétitivité d'une entreprise, en particulier pour les métiers dont la structure de coût est fortement affectée par les coûts des machines, comme l'usinage.

a/ Une première façon d'améliorer la productivité d'une machine est de suivre ses performances. Ce levier n'est pas toujours actionné du fait de machines vieillissantes, et de petites séries qui rendent plus difficile le suivi du rendement d'une machine pour chaque référence. Les capteurs de l'**internet industriel** (dont le coût, pour certains, ne dépasse pas quelques milliers d'euros) peuvent permettre de répondre à ce besoin de suivi (du taux de rendement global, par exemple), y compris pour des parcs industriels vieillissants ou de petites séries, étant facilement installables.

b/ Deuxièmement, des processus complexes aux multiples paramètres (par exemple certains processus d'usinage, de traitement de surface ou de peinture) génèrent un grand volume de données pas toujours exploitées à leur

juste potentiel. Lorsque la machine a un faible rendement non expliqué, des solutions dites de **Big Data** permettent de collecter les données, les structurer, les analyser et en ressortir un jeu optimal de paramètres pour optimiser la productivité de la machine. Ces solutions sont immédiatement accessibles pour des entreprises ayant des séries moyennes à importantes (positionnées sur des programmes commerciaux) car pouvant bénéficier rapidement d'un nombre important de données. Cependant, ces solutions sont aussi applicables pour des entreprises ayant de plus faibles volumes, qui peuvent alors grouper les références par famille de produit ou mutualiser des données avec d'autres fournisseurs possédant la même machine pour atteindre les volumes de données utiles. Certains fournisseurs proposent d'ailleurs des solutions avec un niveau d'investissement faible adapté à des PME/ETI du secteur.

4. Optimiser les capacités disponibles. Au-delà de mieux faire fonctionner les machines lorsqu'elles fonctionnent, il est impératif d'optimiser le temps de machine disponible, d'autant plus dans un contexte de montées en cadence. Des capacités additionnelles peuvent alors permettre de reporter des investissements lourds à réaliser en vue d'agrandir le parc de machines.

a/ Une première solution consiste à limiter les nombreuses pannes dont peut souffrir un parc de machines, par exemple d'usure. La capacité d'ensemble de ce parc de machines peut être améliorée par l'utilisation de **maintenance prédictive** (reposant sur les **Big Data**) qui consiste à détecter les signaux faibles d'une machine et à planifier une activité de maintenance évitant la sous-qualité mais aussi la sur-qualité.

b/ Par ailleurs, de nouvelles solutions dites de **jumeau numérique** permettent de reproduire les flux d'une usine et de les simuler afin d'optimiser la capacité disponible sur un parc de machines donné. Ces solutions sont particulièrement pertinentes pour des entreprises devant gérer de multiples références et changeant régulièrement de planning de ce fait, ce qui est le cas de nombreux acteurs de la filière. Cependant, le prix important d'un projet de jumeau numérique peut être un frein et nécessiter d'avoir plusieurs sites (typiquement un OEM ou fournisseur de rang 1) pour l'amortir rapidement.

5. Réduire les temps de développement et d'industrialisation. Les temps de développement et d'industrialisation sont très longs dans l'industrie aéronautique du fait de la complexité des produits et des contraintes de certification.

a/ Il est possible d'accélérer le temps de développement en ayant recours à des outils de conception plus performants, virtuels et collaboratifs, et à des méthodes de prototypage rapide et agile, par exemple *via* l'utilisation de **fabrication additive** qui ne nécessite pas de moules ou de pièces à faire produire par son fournisseur.

b/ Les entreprises devant gérer de multiples références font face à des temps d'industrialisation particulièrement importants. L'utilisation des **jumeaux numériques** (précédemment cités) permet alors de réaliser les tests d'industrialisation de manière virtuelle, réduisant de fait le temps d'industrialisation et permettant de démarrer la production avec des paramètres déjà réglés et donc des pièces à la qualité attendue.

6. Réduire les temps de cycle. De même que les temps de développement, les temps de cycle de production sont un enjeu important pour l'industrie aéronautique, et ils sont généralement optimisables à l'heure actuelle.⁵⁵

a/ Ces temps de cycle peuvent être améliorés de manière incrémentale avec les **jumeaux numériques** en procédant à la reproduction des flux de l'usine afin de les optimiser, ce qui permet à la fois d'optimiser les capacités disponibles mais aussi d'accélérer les temps de cycle, en supprimant par exemple des stocks intermédiaires dont des simulations auraient montré l'inutilité.

b/ Même sans disposer de jumeaux numériques complets, des **solutions digitales de simulation de processus** (par exemple d'usure) permettent également de réduire les temps de cycle aux bornes d'une machine ou d'un processus donnés.

c/ Une autre manière plus innovante de réduire les temps de cycle peut être l'application de la **production additive** à la série. Cette application est plus complexe que le prototypage ou la fabrication de pièces de rechange car elle doit prendre en compte les contraintes de qualification (notamment pour les pièces de classe 1, classées critiques pour le vol). Cependant, elle est très pertinente pour des entreprises ayant de petits volumes non réguliers (par exemple dans les marchés de la Défense ou de l'aviation d'affaires) car elles pourront alors simplement stocker de la poudre métallique et réagir rapidement à la demande du client sans avoir à activer toute leur chaîne d'approvisionnement. La production additive se justifie aussi pour produire des pièces plus

⁵⁵ À dire d'experts.

légères ou de manière plus rapide (notamment pour des pièces complexes qui nécessitent actuellement un grand nombre d'étapes). Il faut noter que cette dernière application nécessite de reconcevoir la pièce et requiert donc des capacités d'ingénierie. Par ailleurs, la principale limitation de la fabrication additive reste à ce jour sa vitesse de production.

7. Réduire les stocks. Cette problématique est directement liée à celle des temps de cycles. Plus ils sont longs, plus les encours ou stocks intermédiaires sont nombreux et coûteux pour l'entreprise en coût d'entretien comme en argent immobilisé.

a/ L'optimisation en temps réel des stocks d'encours est atteignable par une meilleure planification (notamment en effectuant des **simulations avancées sur jumeau numérique**) et en échangeant davantage d'informations au sein de l'entreprise (via une **intégration numérique des données**).

b/ Par ailleurs, des **solutions d'échanges de données de gestion** avec ses clients et fournisseurs peuvent permettre d'améliorer la précision de la demande et donc de pouvoir mieux arbitrer les tailles de lots à produire et les quantités de stocks de matières premières, en-cours et produits finis à mettre en place.

Il faut noter que, au-delà de l'effet sur les coûts, les axes d'amélioration liés au temps de cycle et au stock produisent un impact favorable immédiat sur la trésorerie avec une diminution du besoin en fonds de roulement.

8. Réduire la non-qualité. La qualité des produits est une dimension clé de l'industrie aéronautique car directement liée aux contraintes réglementaires.

a/ La qualité peut être améliorée par l'utilisation de **robots intelligents** notamment sur des tâches répétitives. La plupart des erreurs sont d'origine humaine et les nouveaux robots doivent permettre de réduire ces erreurs en assistant les opérateurs.

b/ Le processus de fabrication peut être rendu plus stable (et produisant moins de non-qualité) en utilisant des algorithmes d'optimisation via le **Big Data**. Par ailleurs, le contrôle qualité peut être amélioré (en étant plus efficace et plus rapide) par l'utilisation de la **réalité augmentée** ou de **cobots** pour assister l'opérateur, ou encore de moyens de contrôle auto-apprenants par **intelligence artificielle**.

c/ Enfin, on peut aussi détecter en amont des problèmes de qualité en déployant de nouvelles méthodes de contrôle, par exemple, des contrôles non destructifs innovants ou des lunettes de **réalité augmentée**.

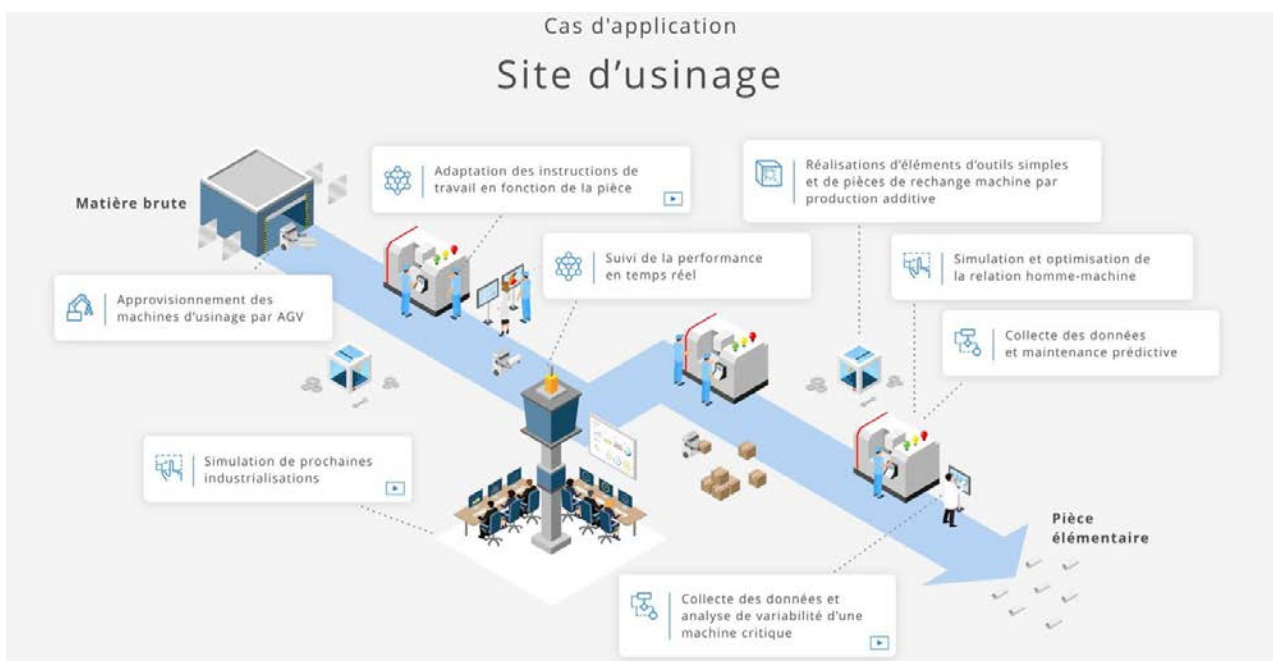


Figure 28 : Exemples de solutions Industrie du Futur sur un site d'usinage



Figure 29 : Exemples de solutions Industrie du Futur sur un site d'assemblage

Des solutions transverses nécessitant d'être déployées collectivement peuvent contribuer à traiter les enjeux de compétitivité

Des solutions digitales peuvent permettre de répondre à un certain nombre de défis transverses à la filière, c'est-à-dire impliquant plusieurs de ses membres, eux-aussi directement reliés aux « macro-enjeux » des entreprises de la filière évoqués dans le volet 1.

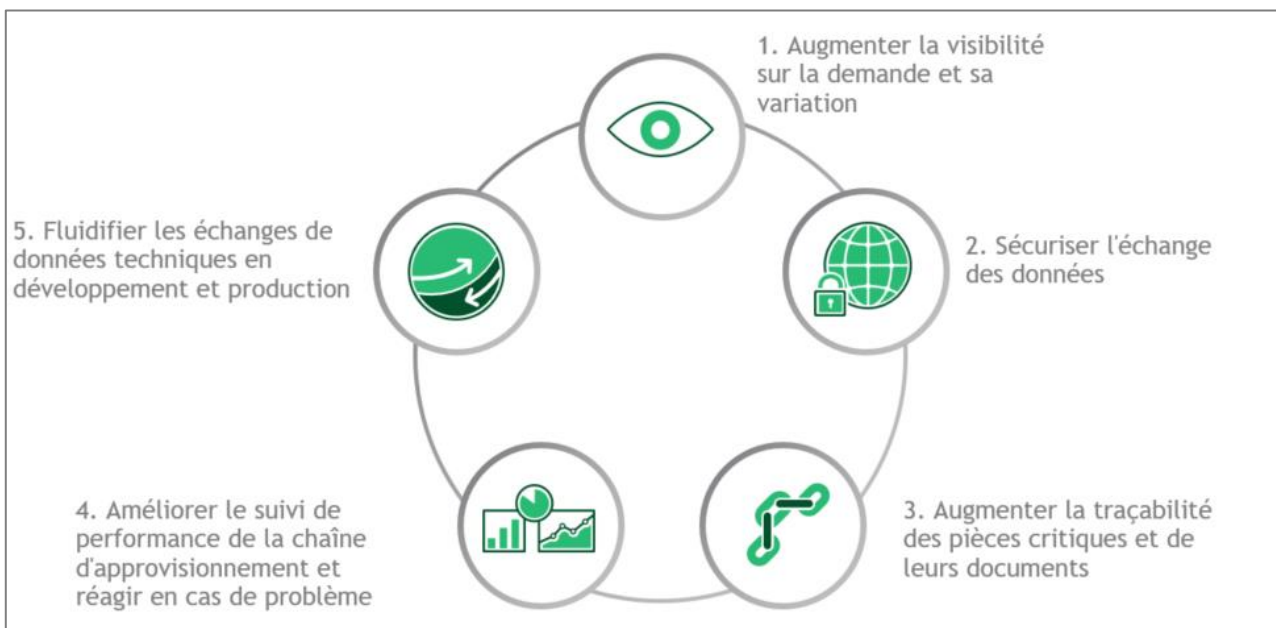


Figure 30 : Illustration des défis transverses de la filière aéronautique

Les précisions suivantes permettent d'identifier un certain nombre de cas d'application déjà connus.

1. Augmenter la visibilité sur la demande et sa variation. Les petites et moyennes entreprises ont un besoin urgent d'accroître la visibilité sur la demande de leurs clients directs et des donneurs d'ordres en bout de chaîne, à la fois en quantité d'informations (une vision sur plusieurs mois ou années) et en qualité des informations (des données fiables idéalement sans forte variabilité). En effet, une meilleure visibilité permettrait de justifier des investissements productifs, d'optimiser les ressources machines et humaines, de massifier les achats et de réduire les stocks.

La solution technologique AirSupply a été développée en ce sens et a permis de fluidifier la relation entre clients et fournisseurs pour le processus de commande et d'approvisionnement, et de donner davantage de visibilité aux fournisseurs. Cependant, d'après de nombreux entretiens, la solution s'avère peu adaptée à l'environnement des petites entreprises et elle est souvent trop coûteuse pour elles. Une solution allégée et mieux adaptée aux PME (AirConnect) est à ce titre en cours de développement et doit permettre de mieux **intégrer numériquement** les petites entreprises à leurs clients pour les données de gestion. Le déploiement, la bonne utilisation du système et l'animation des échanges autour des données partagées semble une piste de travail « gagnant – gagnant ».

2. Sécuriser l'échange des données. La capacité de travailler en filière lie intimement tous les acteurs et des solutions de type AirSupply vont accroître ces liens sur le plan numérique. Une vulnérabilité face à des cyberattaques au niveau de n'importe quel acteur, fut-il très petit, pourrait affecter toutes les entreprises de son réseau, jusqu'aux grands donneurs d'ordres.

Des solutions technologiques autour de la **cybersécurité** sont dès lors à penser à la fois au niveau de chaque entreprise mais aussi au niveau de la filière afin de sécuriser les échanges de données interentreprises. Une initiative en ce sens (AirCyber) a d'ailleurs été lancée récemment par le GIFAS pour le secteur aéronautique.

3. Augmenter la traçabilité des pièces critiques et de leurs documents. Un large volume d'informations et de documents accompagne chaque pièce tout au long du cycle, le plus souvent sur papier, source d'inefficacité à tous les niveaux de la chaîne d'approvisionnement, en produisant notamment des coûts liés à la gestion documentaire, des coûts liés à des non-conformités de documentation ou encore des coûts de rappel en cas de problème rencontré sur une pièce.

De nombreuses solutions technologiques d'**internet industriel** qui existent sur le marché peuvent permettre d'identifier une pièce (des gravures, des photos ou des puces RFID) et d'associer à cette identification un ensemble d'informations (D'où vient la pièce ? Qui est entré en contact avec elle ? Quels sont les documents réglementaires associés ?). Dès lors, tout au long de la chaîne, les personnes en contact avec la pièce peuvent enregistrer des informations ou en lire. En outre, une telle solution au niveau de la filière permettrait de mieux codifier les pièces et de standardiser la communication interentreprises (à l'instar des démarches conduites par Galia dans l'automobile). Si des architectures technologiques traditionnelles peuvent aussi permettre de réaliser ce cas d'application, la solution **Blockchain** pourrait être très pertinente ici compte tenu de la multiplicité des acteurs et des points de validation, et du besoin majeur de sécurité et de confiance.

4. Améliorer le suivi de performance de la chaîne d'approvisionnement et réagir en cas de problème.

Si les fournisseurs de rang élevé ont un besoin important de visibilité sur la demande de leurs clients, les donneurs d'ordres en bout de chaîne ont besoin d'avoir une meilleure vision sur l'ensemble de leur chaîne d'approvisionnement afin de pouvoir détecter les problèmes suffisamment en amont pour réagir.

Des solutions technologiques d'**intégration numérique** des données, souvent appelées *Control Towers* ou « tours de contrôle » permettent justement à des entreprises d'avoir une meilleure maîtrise de leur chaîne d'approvisionnement. Elles se décomposent habituellement en plusieurs couches. La première consiste à décrire la situation de la chaîne d'approvisionnement en collectant et en permettant de visualiser toutes les informations de gestion. En cas de problème détecté, l'entreprise peut rapidement réagir et aider le fournisseur à le résoudre. Une deuxième couche concerne la prédiction des informations. Des analyses avancées (de type **Big Data**) fondées sur les informations collectées permettent d'augmenter l'efficacité de la chaîne, notamment en réduisant les temps de cycle globaux, optimisant les capacités disponibles et réduisant les stocks positionnés le long de la chaîne de valeur. Enfin, une troisième couche consiste à ce que la tour de contrôle prenne directement des décisions (par exemple, sur l'allocation de stocks) en fonction des données emmagasinées et des retours d'expérience sur de précédentes décisions (avec des modules autoapprenants fondés sur l'**intelligence artificielle**). De telles solutions peuvent évidemment être développées par chacun des grands donneurs d'ordres mais une concertation au niveau de la filière permettrait d'avoir des standards communs et de mieux engager les

petites sociétés dans cette démarche afin qu'elles y trouvent leurs propres intérêts. En outre, AirSupply, qui traite déjà des données de gestion, pourrait être la base sur laquelle bâtir la couche opérationnelle précédemment décrite.

5. Fluidifier les échanges de données techniques en développement et en production. Les industriels doivent échanger de nombreuses données techniques en phase de développement comme de production, mais pour le moment peu de canaux digitaux formalisés existent pour fluidifier ces échanges entre plusieurs sites, pays ou avec ses clients et fournisseurs, réduire les temps de cycle globaux en phase de développement et de production et, *in fine*, rendre la chaîne de production plus agile et réactive.

Des **solutions d'intégration numérique** (déjà testées dans l'industrie automobile) permettent de fluidifier ces échanges de données techniques. Par exemple, des solutions permettent de mettre en commun des données de développement sur des plateformes de partage (« *End-to-End Value Chain continuous engineering* »). Par ailleurs, il serait possible de mieux standardiser les échanges de plans techniques afin de pouvoir simuler les processus de toute la chaîne de production.

En synthèse, un certain nombre de solutions technologiques de l'Industrie du Futur permettent dès à présent de répondre aux défis opérationnels des différents segments de la filière aéronautique, en améliorant la performance de chaque entreprise et en facilitant leur collaboration. Elles présentent des cas d'usage concrets éprouvés qui permettent des gains tangibles, qui seront développés dans le chapitre suivant.

Les éléments de quantification économiques et financiers confirment l'intérêt des solutions Industrie du Futur

Le déploiement des solutions Industrie du Futur permet d'améliorer les coûts d'exploitation hors achats de l'ordre de 5 à 10 %

Selon une méthodologie explicitée dans l'encadré ci-dessous et illustrée par de nombreux cas réels, le déploiement des solutions Industrie du Futur permettrait d'obtenir des gains substantiels : de l'ordre **de 5 à 10 % de réduction des coûts d'exploitation hors achats** (soit une baisse d'environ 10 à 15 % des coûts de production hors Achats)⁵⁶.

- Il s'agit d'un potentiel moyen prenant en compte le déploiement de plusieurs cas d'application généralisés à tout le périmètre de l'entreprise.
- Ce potentiel peut bien sûr être dépassé, notamment lorsque le levier Industrie du Futur est combiné avec le levier de modernisation de l'appareil productif.
- Dans l'hypothèse où chaque fournisseur réalise les gains moyens de 5 à 10 % et les transfère à son client, les donneurs d'ordres en bout de chaîne peuvent réaliser 5 à 10 % de réduction sur leurs coûts totaux.

Il faut noter que ces gains sont nets de l'amortissement des investissements Industrie du Futur, c'est-à-dire qu'ils prennent déjà en compte l'augmentation des amortissements liés aux investissements dans les solutions.

⁵⁶ Les coûts d'exploitation hors achats incluent les coûts de transformation (main-d'œuvre de production, amortissements et frais généraux de production), les coûts de Recherche et Développement ainsi que les autres frais de structure (entités de support siège : Achats, RH, Finances, IT, Marketing, Commerce) ; ils excluent les coûts d'achats directs correspondant à la matière et aux composants achetés qui sont inclus et valorisés dans le produit final. Les coûts de production incluent seulement les coûts de transformation.

Méthodologie utilisée pour calculer le potentiel de réduction de coût

La méthodologie utilisée repose sur trois étapes : 1/ Revue de structures de coûts typiques pour les segments clés identifiés ; 2/ Estimation du potentiel de gains pour chacun des postes de coûts identifiés ; 3/ Estimation du potentiel total pour les donneurs d'ordres si les solutions sont déployées dans l'ensemble de la filière.

Les sources utilisées intègrent l'expérience acquise par le BCG dans des projets concrets de mise en œuvre de solutions Industrie du Futur, ainsi que des exemples directs tirés des entretiens avec des industriels et des experts réalisés dans le cadre de cette étude.

1/ Revue des structures de coûts typiques

La première étape consiste à établir la structure de coûts typiques suivant les quatre macrosegments définis dans le volet 1. Il faut bien noter qu'il s'agit de structures de coûts typiques qui ne prétendent pas représenter précisément et statistiquement les structures de coûts de la filière. Par ailleurs, dans cette structure simplifiée, les coûts pour fabriquer des produits et pour réaliser des services (comme des prestations d'après-vente auprès de son client) sont agrégés.

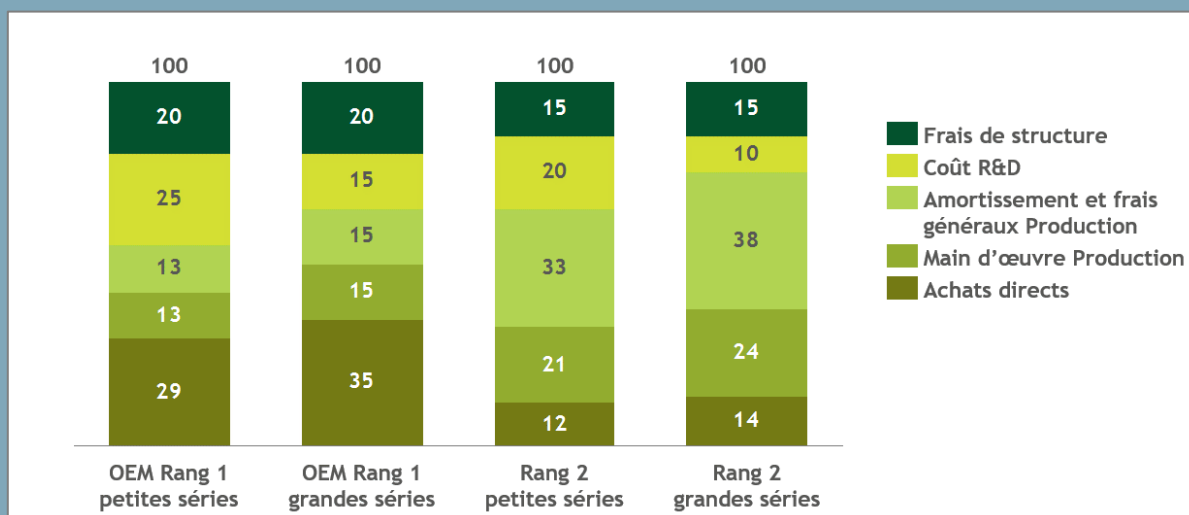


Figure 31 : Différentes structures de coûts typiques en fonction du segment

Les structures de coûts typiques varient et les hypothèses appellent les précisions suivantes :

- Les OEM et fournisseurs de rang 1 ont globalement davantage de R & D (car ils produisent généralement en fabrication sur spécification). Par ailleurs, étant en bout de chaîne, ils ont dans leur structure de coûts une part d'achat très importante.
- Ceux qui sont positionnés sur des petites séries ont davantage de coûts liés à la R & D car ils développent et industrialisent davantage de références (en comparaison à une entreprise de même dimension positionnée sur des grandes séries).
- Les fournisseurs de rang 2 et supérieur ont une structure de R & D plus restreinte (car produisant généralement en fabrication sur plan). Par ailleurs, ces acteurs ont des coûts d'achat moindres : ils peuvent obtenir eux-mêmes leurs matières premières, être fournis directement par le donneur d'ordres final ou bien acheter des produits bruts à faible valeur à ce stade.
- La même distinction entre grandes et petites séries (plus de références donc de produits à industrialiser pour une même taille d'entreprise) s'applique aux fournisseurs de rang 2 et supérieur.

Une vue plus détaillée des structures de coût est présentée dans le tableau suivant :

	OEM Rang 1 petites séries	OEM Rang 1 grandes séries	Rang 2 et plus petites séries	Rang 2 et plus grandes séries
Frais de structure, Amortissements et frais généraux	10,0 %	10,0 %	7,5 %	7,5 %
Frais de structure, Main-d'œuvre	10,0 %	10,0 %	7,5 %	7,5 %
R & D, Amortissements et frais généraux	12,5 %	7,5 %	10,0 %	5,0 %
R & D, Main-d'œuvre	12,5 %	7,5 %	10,0 %	5,0 %
Production, Amortissements et frais généraux	12,8 %	15,1 %	32,5 %	37,5 %
Production, Main-d'œuvre	12,8 %	15,1 %	20,8 %	24,0 %
Production Achats	29,4 %	34,7 %	11,7 %	13,5 %
Total	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

2/ Estimation du potentiel de gains pour chacun des postes de coût

À chacun des postes de coût est associée une fourchette de réduction de coût fondée sur des cas d'application réels (explicités plus bas).

Poste de coût	Fourchette de réduction de coût	Leviers typiques
Frais de structure, Amortissements et frais généraux	0 %	-
Frais de structure, Main-d'œuvre	5 à 10 %	Automatisation de certaines tâches (ex. : Ressources humaines, Finances) à moyen terme.
R & D, Amortissements et frais généraux	0 à 5 %	<i>Légère réduction en moyenne, intégrant :</i> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Amélioration de la productivité des machines (moins de pannes, machines plus durables, moins de rebuts) et utilisation de production additive (pour outils ou pièces de rechange machine) – réduction de coût. ▪ <i>Augmentation des amortissements liés aux investissements dans les solutions Industrie du Futur – augmentation de coût.</i>
R & D, Main-d'œuvre	5 à 10 %	Automatisation de certaines tâches (ex. : plateforme d'expertise autoapprenante pour la résolution accélérée de problèmes) à moyen terme.

Production, Amortissements et frais généraux	0 à 5 %	Légère réduction en moyenne, intégrant : <ul style="list-style-type: none"> Amélioration de la productivité des machines (moins de pannes, machines plus durables, moins de rebuts) et utilisation de production additive (pour outils ou pièces de rechange machine) – réduction de coût. Augmentation des amortissements liés aux investissements dans les solutions Industrie du Futur – augmentation de coût.
Production, Main-d'œuvre	15 à 25 %	Amélioration de la productivité, robotisation.
Production, Achats	0 %	-

Le potentiel de réduction de coût pour chacun des segments est ensuite estimé sur la base des gains attendus pour chacun des postes de coûts identifiés.

	OEM Rang 1 petites séries	OEM Rang 1 grandes séries	Rang 2 et plus petites séries	Rang 2 et plus grandes séries	Estimation globale
Réduction Coût d'exploitation	3,0 à 6,7 %	3,1 à 6,7 %	4,0 à 9,1 %	3,9 à 8,6 %	~3 à 8 %
Réduction Coût d'exploitation hors Achats	4,3 à 9,5 %	4,8 à 10,2 %	4,5 à 10,3 %	4,5 à 10,0%	~5 à 10%

Les différences entre segments s'expliquent par l'importance des gains sur les coûts de main-d'œuvre de production, supérieurs aux économies attendues sur les coûts d'amortissement (machines) ou de R & D.

3/ Estimation du potentiel total pour les donneurs d'ordres si les solutions étaient déployées dans l'ensemble de la filière

Selon les hypothèses précédentes, chaque acteur peut réaliser 5 à 10 % sur sa base « Coût d'exploitation hors achats ».

Si chaque acteur de la chaîne de valeur réalise ces gains et les transfère à son client et si le donneur d'ordres en bout de chaîne réalise aussi 5 à 10 % sur ses coûts, le donneur d'ordres peut réaliser 5 à 10 % de réduction sur ses coûts totaux, comme l'illustre le schéma ci-après (qui prend comme hypothèses simplifiées une chaîne de valeur à trois rangs avec à chaque rang un unique fournisseur, et un taux de marge standard à 5 % à chaque rang).



Figure 32 : Illustration schématique d'une chaîne de valeur à trois rangs avec à chaque rang un unique fournisseur⁵⁷






Plusieurs éléments permettent de valider le potentiel de réduction de coûts calculé dans la méthodologie détaillée précédemment.

Cas d'application tirés d'exemples réels

Des cas d'application (les plus pertinents pour l'aéronautique, choisis parmi les cas présentés précédemment) ont été détaillés avec le raisonnement économique attendu (contexte de déploiement, investissements à réaliser, impacts constatés sur des cas réels). Ces cas confirment les réductions de coûts substantielles que l'on peut atteindre en les déployant, et montrent également que les retours sur investissement pour la plupart des technologies sont situés entre un et deux ans. Ces investissements sont relativement accessibles (par rapport aux investissements plus lourds que peut représenter la modernisation de l'appareil productif) et peuvent en outre être réalisés de manière progressive dans le cadre du déploiement de plusieurs cas d'application Industrie du Futur.

⁵⁷ Pour l'illustration, prise en compte d'une structure typique d'un OEM/rang 1 réalisant des grandes séries.

Cas d'application (avec raisonnement économique) tirés d'exemples réels

Cas d'application	Contexte typique	Investissement typique	Impact constaté sur des cas réels
Continuité digitale par MES 	Sur un site d'usinage ou d'assemblage, les opérateurs dans leur ensemble peuvent passer jusqu'à 25 % de leur temps à remplir de la documentation papier	Investissement = 100 k€ (incluant l'achat d'un logiciel à 10 k€ et la programmation associée) ; permettant de digitaliser le processus Coût d'exploitation = 20 k€ par an (dont 2 k€ par an de licence)	Permet de supprimer près de 70 % du temps passé à remplir des documents papier ; soit près de 9 % de la base de coût MOD totale (si 50 % du temps de gagné est redéployé ailleurs) Retour sur investissement autour de deux ans, si près de 15 personnes sont concernées
Formation assistée par réalité augmentée 	Opérateurs peu polyvalents sur les chaînes d'assemblage, ce qui limite la productivité en particulier sur des petites séries non récurrentes	Investissement = 10 k€ pour l'installation d'une station de formation assistée par réalité augmentée ; permettant d'accélérer la formation des opérateurs Coût d'exploitation = 2 k€ par an	Permet de dégager 15 % de temps opérationnel pour des opérateurs formés ; soit un gain de 7,5 % sur la base de coût (si 50 % du temps de gagné est redéployé ailleurs) Retour sur investissement autour de deux ans
Suivi et contrôles des flux par RFID 	Difficultés à suivre l'intégralité des pièces le long de la chaîne, notamment avec des petites séries : temps perdu à les localiser, ou pièces manquantes	Investissement = 50 k€ (incluant l'acquisition des puces, celles d'une dizaine d'antennes RFID de portée 10 m pour couvrir un site, l'installation et la programmation) Coût d'exploitation = 10 k€ par an	Permet de libérer le temps consacré à la recherche de pièces manquantes, de visualiser les flux et de les optimiser Retour sur investissement entre un et deux ans
Collecte d'informations sur la performance 	Des machines, parfois anciennes, n'incluent pas des fonctions de capture des performances (ex. : taux de rendement global) ; et les nombreuses petites séries ne permettent pas de le faire facilement	Investissement = 30 k€ (pour l'acquisition de capteurs de performance sur 10 machines, et la programmation de ces capteurs en fonction de la diversité des références sur chaque machine) Coût d'exploitation = 6 k€ par an	Permet rapidement de constituer des historiques de performance pour chaque référence et d'identifier des gisements de productivité Retour sur investissement autour de deux ans constaté en moyenne
Analytique avancée pour limiter la variabilité 	Des machines complexes (par exemple d'usinage), aux multiples paramètres, génèrent de nombreuses données pas toujours exploitées à leur juste potentiel ; application pertinente pour des machines à faible rendement	Coût d'exploitation = abonnement de 6 à 7 k€ par mois pour la collecte des données sur un Cloud, leur structuration et leur analyse	Permet rapidement d'identifier les gammes de paramètres optimaux Gain observé en moyenne de 10 % du rendement de la machine, représentant un retour sur investissement entre 6 et 18 mois

<p>Maintenance préventive</p> 	<p>Pannes fréquentes au sein d'un parc important de machines</p>	<p>Investissement = près de 10 k€ par machine (construction d'un Cloud pour stocker les données et mise au point d'un outil de type <i>Machine Learning</i>) – coût pour un parc d'au moins 50 machines non nécessairement similaires permettant d'amortir l'infrastructure</p> <p>Coût d'exploitation = 2 k€ par machine par an</p>	<p>Gain constaté jusqu'à 50 à 70 % de réduction des arrêts machines non planifiés, correspondant à un retour sur investissement souvent inférieur à un an</p>
<p>Visseuses assistées par un cobot</p> 	<p>Sur une ligne d'assemblage, les tâches de vissage sont très répétitives et sujettes à réajustage (pour atteindre le bon couple) ; cela peut représenter jusqu'à 20 % du temps total des opérateurs</p>	<p>Investissement = 15 k€ (incluant l'achat d'une visseuse connectée, son installation et sa programmation)</p> <p>Coût d'exploitation = 3 k€ par an</p>	<p>Permet de réduire de 35 % le temps de vissage ; soit de 17,5 % les coûts d'un opérateur de vissage, en considérant que 50 % du temps gagné est redéployé sur d'autres tâches</p> <p>Retour sur investissement autour de deux ans</p>
<p>Sortie de ligne assistée par un cobot</p> 	<p>Tâches consistant à récupérer des pièces en sortie de machine d'usinage et à les positionner sur un support de contrôle : peu de valeur ajoutée et espacées dans le temps (car petites séries)</p>	<p>Investissement = 50 k€ (incluant l'achat du <i>cobot</i>, son installation et sa programmation)</p> <p>Coût d'exploitation = 10 k€ par an</p>	<p>Permet de faire couvrir deux sorties de machine au lieu d'une par un seul opérateur (et ainsi d'économiser 50 % du coût d'un opérateur à 50 k€ par an)</p> <p>Retour sur investissement autour de deux ans</p>
<p>Flux logistiques par AGV</p> 	<p>Tâches consistant à apporter des pièces sur la ligne d'assemblage répétitives et avec peu de valeur ajoutée</p>	<p>Investissement = 75 k€ (incluant l'achat de l'AGV, son infrastructure, son installation et sa programmation)</p> <p>Coût d'exploitation = 15 k€ par an</p>	<p>Permet de remplacer le travail d'un opérateur qui coûte 50 k€ par an ; en le redéployant sur une tâche à plus forte valeur ajoutée</p> <p>Retour sur investissement autour de deux ans</p>

Exemples réels observés notamment dans la filière aéronautique française

Pour confirmer le saut de performance réalisable grâce aux technologies Industrie du Futur, il est utile de partager ici des exemples concrets⁵⁸ de réductions de coûts observées dans l'industrie française et en particulier au sein de la filière aéronautique.

⁵⁸ Source : entretiens avec des entreprises de la filière et expérience BCG.

Des exemples concrets de réductions de coûts déjà observées notamment dans la filière aéronautique française

Type d'entreprise	Solutions mises en place	Impact constaté
PME aéronautique (usinage)	Mise en place de robots équipés de vision récupérant les pièces en sortie de machine d'usinage, les contrôlant et renvoyant les cotes aux machines si besoin de retouche Marquage unique de chaque pièce pour la traçabilité Agrégation de toutes les données de production et envoi des données en temps réel à toutes les parties prenantes	15 à 20 % de réduction des coûts d'exploitation hors achats
PME aéronautique (usinage)	Intégration des données avec les clients <i>via</i> AirSupply, outil de gestion collaborative des stocks avec les clients Machines d'usinage programmables autonomes, transport automatisé des copeaux et des outillages RFID sur outils	Marge d'EBE améliorée de 20 % en cinq ans
PME aéronautique (fonderie)	Outil de simulation pour simuler les coulées avant de fabriquer un modèle Impression 3D pour fabriquer quelques éléments du moule Consolidation des données de paramétrage et contrôle <i>via</i> un système SPC (<i>Statistical Process Control</i>) et exploitation des données pour réduire la non-qualité	En dix ans : cycles de développements réduits par trois ou quatre en dix ans Coûts de développement réduits par deux en dix ans Taux de non-qualité passé de 20 % à 8 % en dix ans
ETI aéronautique (fabrication d'alliage)	Outils de simulation développés avec des pairs, des clients et des instituts de recherche Cellule de trois personnes analysant les données internes et optimisant les processus et la planification	~5 % de réduction des coûts d'exploitation hors achats Temps de cycle passé de huit à trois mois en trois ans
ETI aéronautique (peinture)	Mise en place d'une solution technologique connectée à tous les capteurs d'une cabine de peinture, détecte des anomalies et stoppe un cycle le cas échéant, évitant des consommations inutiles	20 % de gain sur la consommation énergétique
GE aéronautique (aérostructure)	Convoyeurs automatiques, cobots, AGV nouvelle génération Pas de papier, informations consolidées et envoyées aux parties prenantes sur des tableaux de bord en temps réel Réalité augmentée pour faciliter les opérations et la maintenance Des preuves de concept en maintenance prédictive	10 à 15 % de réduction des coûts d'exploitation hors achats
GE aéronautique (systèmes)	(Sur un périmètre de cinq sites allant de 50 à 500 employés) Mise en place d'un système MES pour assurer la continuité numérique et réduire le temps passé au remplissage de documents papier Automatisation de certaines tâches répétitives sans valeur ajoutée (par exemple la mise en place de visseuses connectées)	~15 à 17 % de réduction des coûts sur la main-d'œuvre directe ~8 à 10 % de réduction des coûts sur la main-d'œuvre indirecte

	<p>Mise en place de formations assistées par réalité augmentée pour augmenter la montée en compétences des collaborateurs</p> <p>Mise en place d'une plateforme auto-apprenante pour gérer les anomalies de processus et la documentation</p>	
GE aéronautique (aérostructure)	<p>(Sur plusieurs sites de différentes tailles)</p> <p>Mise en place d'un système de suivi en temps réel pour mesurer le taux de rendement synthétique et identifier les goulots d'étranglement</p> <p>Mise en place d'un système MES pour assurer la continuité numérique et réduire le temps passé au remplissage de documents papiers</p> <p>Réduction de certaines tâches répétitives sans valeur ajoutée par l'emploi de réalité augmentée (par exemple pour le contrôle)</p> <p>Agrégation de données de production et analyses afin d'optimiser les paramètres de production et le rendement global</p>	~15 % de réduction des coûts d'exploitation hors achats
GE fournisseur automobile	<p>(Sur plusieurs sites de différentes tailles)</p> <p>Connexion de toutes les machines, collecte de données sur <i>data lake</i>, anticipation de problèmes qualité et machines (maintenance prédictive)</p> <p>Mise en place de solutions RFID pour suivre les flux de l'usine</p> <p>Implémentation d'une solution MES pour envoyer la bonne information à la bonne personne au bon moment</p> <p>Mise en place d'AGV et de cobots pour supprimer ou assister des tâches répétitives sans valeur ajoutée</p> <p>Mise en œuvre d'une solution de traçabilité facilitant la généalogie et la filiation de problèmes permettant de réduire le nombre de pièces à rappeler en cas de problèmes</p>	<p>Retour sur investissement inférieur à dix-huit mois pour toutes les solutions mises en place</p> <p>→ Au global : ~ 10 à 15 % de réduction des coûts d'exploitation hors achats</p>
GE entreprise pharmaceutique	<p>(Sur plusieurs sites de différentes tailles)</p> <p>Développement de solutions pour analyse des données et optimisation</p> <p>Mise en place de solutions de réalité augmentée et d'accès à distance afin d'aider les techniciens ou les mécaniciens dans leur travail et de réduire la variabilité d'opérations complexes</p> <p>Fluidification des flux (<i>via</i> des solutions AGV et cobots) et mise en place d'une tour de contrôle pour les visualiser et mettre en œuvre des <i>plannings</i> digitalisés</p>	<p>50 % de réduction des défauts</p> <p>25 % de capacité machine supplémentaire</p> <p>50 % de réduction du temps de cycle usine</p> <p>30 % de réduction du temps sans ajouter des fonctions de support</p> <p>→ Au global : ~ 5 à 6 % de réduction des coûts d'exploitation hors achats pour la première phase ; déploiement d'autres briques technologiques prévu</p>

Études multisecteurs sur l'impact économique de l'Industrie du Futur

L'ordre de grandeur des gains pour la filière aéronautique est cohérent avec les principales études multisectorielles portant sur le déploiement des solutions Industrie du Futur (extrapolation de cas réels, sondage et modèle mathématique).

Source	Méthodologie	Horizon	Impacts typiques lorsque les leviers sont déployés dans l'Industrie
BCG (2015)	Cas réels, Modèle	5-10 ans	5-8% de réduction du coût total d'exploitation
PWC (2016)	Sondage	5 ans	3-4% de réduction de coût au global
McKinsey (2015)	Cas réels	5-10 ans	3-5% d'amélioration de la productivité machine 45-55% d'amélioration de la productivité de la main d'œuvre directe
Roland Berger (2016)	Modèle	15 ans	20-30% d'amélioration de l'utilisation capacité 5-10% de réduction de coût au global 20-25% d'amélioration du Rendement sur capitaux engagés ("ROCE")
Bauernhansl, T.; ten Hompel, M.; (2014)	Modèle	5-10 ans	10-20% de réduction de coût de non-qualité

Figure 33 : Impacts estimés de l'Industrie du Futur par diverses études multisectorielles

En conclusion, le déploiement des solutions Industrie du Futur permet de contribuer de façon très significative aux exigences de gains de compétitivité en coût auxquelles la filière fait face.

Il faut noter qu'une entreprise peut tirer parti des gains attendus de deux manières :

- une réduction des coûts d'exploitation hors achats en moyenne de l'ordre de 5 à 10 %, à volume d'activité constant ;
- ou l'augmentation de production à coûts constants, permise par l'augmentation de la capacité industrielle issue des gains de productivité acquis.

Dans ce cas, l'entreprise peut éviter ou retarder des investissements capacitaires tout en répondant aux exigences de montée en cadence que connaît actuellement la filière.

Évaluation des impacts industriels et financiers consolidés à l'échelle d'un groupe

Les données consolidées à l'échelle d'un grand groupe sont rares. À titre d'illustration, un groupe industriel français, avec des *process* en flux, s'est récemment engagé dans l'élaboration de sa stratégie d'adoption des solutions Industrie du futur. Ce chantier a consisté à :

- identifier les solutions « Industrie du Futur » les plus pertinentes dans le cadre de son activité industrielle ;
- évaluer les impacts opérationnels ;
- estimer, *in fine*, les gains financiers à l'échelle du groupe.

Les solutions retenues ont été regroupées par finalité et nature des gains opérationnels. Pour chaque catégorie, les principaux gains opérationnels ont été estimés :

1. Amélioration de la qualité

Solutions

- Détection automatisée des erreurs (écarts aux procédures/aux caractéristiques produits) ; apprentissage en continu des paramètres associés aux « déviations » permettant la détection de plus en plus précoce des erreurs ;
- Enregistrement des données de production des lots (fichier digital), renforçant leur traçabilité (analysée par les clients et les instances de réglementation indépendantes).

Gains opérationnels : - 50 % des déviations (erreurs) récurrentes

- Amélioration continue de la qualité, augmentation de la fiabilité des tests qualité ;
- Simplification de la gestion de la qualité ;
- Réduction du temps d'immobilisation des produits pour des raisons de qualité.

2. Optimisation de la performance des actifs

Solutions

- Outils de mesure en temps réel de l'utilisation des actifs et de leur efficience ;
- Outils de maintenance prédictive des équipements ;
- Algorithmes de définition des réglages-machine les plus efficaces ;
- Automatisation des flux physiques des paquets et des opérations de manutention (grâce à des cobots/AGV).

Gains opérationnels : + 25 % de l'utilisation des capacités productives

- Plus grande efficience de l'appareil productif, à travers notamment la réduction des temps de changement de lots.

3. Flexibilisation du mode de production

Solutions

- Suivi en temps réel du flux physique des produits permettant l'anticipation/planification des tâches ;
- Gestion simplifiée et automatisée du *planning* des équipes.

Gains opérationnels : - 50 % des temps de cycle

- Gains d'efficience et de flexibilité.

4. Facilitation, pour les équipes, des activités opérationnelles et de suivi

Solutions

- Outils à disposition des équipes : outils de suivi simplifiés et en temps réel, analyse des opérations en cours etc.

Gains opérationnels : - 30 % des frais généraux

- Gains de temps sur les activités à faible valeur ajoutée.

Les gains financiers associés à la mise en œuvre de l'ensemble de ces solutions se répartissent comme suit : environ 50 % correspondent à des économies de coûts récurrentes ; environ 50 % sont associés à la baisse des stocks.

Le déploiement des solutions Industrie du Futur pourra aussi renforcer la compétitivité hors coûts des entreprises de la filière

Si le déploiement des solutions Industrie du Futur répond pour partie à l'enjeu clé de la compétitivité en coût, il permet également de traiter les autres enjeux identifiés lors du premier volet de cette étude.

a) Ces solutions technologiques permettent de renforcer les autres caractéristiques de la performance industrielle à savoir **la qualité et les livraisons à temps**. Pour rappel, la qualité des produits est une dimension clé pour l'industrie aéronautique, étant directement liée aux contraintes réglementaires de certification. Comme détaillé précédemment, de nouveaux moyens de production (robots intelligents, cobots) et de contrôle (réalité augmentée, cobots, systèmes fondés sur l'intelligence artificielle) permettent d'accroître le niveau de qualité des produits fabriqués et de rendre moins coûteuses les procédures qualité. Parallèlement, de nouvelles solutions de traçabilité peuvent permettre un meilleur suivi des attributs qualité d'une pièce tout au long de son cycle de production. Concernant le taux de livraison à temps, les solutions Industrie du Futur peuvent là aussi aider à améliorer la performance, par exemple en s'appuyant sur des solutions de simulation des flux ou sur la solution digitale AirSupply qui accroît la visibilité des industriels sur la demande. Dès lors, ils peuvent mieux optimiser leurs ressources machines et humaines et mieux anticiper les pics de demande.

b) Un autre enjeu clé pour la filière est de réussir à accroître ses **capacités d'agilité, de flexibilité et transférabilité** (c'est-à-dire la capacité à implanter rapidement ses moyens de production sur des sites éloignés) afin de capter de nouveaux contrats, de proposer de nouveaux produits ou services, de suivre des contrats Défense ou de nouvelles implantations des grands donneurs d'ordres hors de France, et *in fine* d'augmenter le

chiffre d'affaires. De nombreuses solutions Industrie du Futur permettent de gagner en agilité et flexibilité, parmi les solutions physiques (des robots intelligents permettant une montée en cadence plus rapide, des cobots pouvant s'adapter à différentes pièces, des lunettes de réalité augmentée permettant de s'adapter à de nombreuses références, des imprimantes 3D permettant de relancer la production d'une pièce ou d'un outil sur demande) et les solutions digitales (jumeaux virtuels permettant de reproduire les flux de production et d'allouer en temps réel les charges en fonction de l'état du parc machine). Par ailleurs, la transférabilité peut aussi être facilitée grâce à des solutions d'intégration numérique des données (permettant à deux personnes situées dans des sites ou des pays différents d'échanger des données techniques ou de gestion en temps réel). Cela peut permettre de favoriser l'implantation de zones de production à proximité des marchés où la demande est forte, tout en conservant les bureaux d'études en France et en assurant un lien digital entre les fonctions de production et d'ingénierie.

c) Ces nouvelles technologies permettent également d'offrir des solutions intégrées au client avec des services supplémentaires, par exemple un meilleur suivi d'approvisionnement (via la continuité digitale entre le produit et son fabricant) ou un nouveau service de livraison (par exemple à base de drones). Cette qualité de service peut contribuer à une plus forte différenciation de l'entreprise.

d) Les solutions Industrie du Futur sont un élément de réponse de l'enjeu crucial de l'**attractivité et de la rétention des talents** dans la filière aéronautique. En effet, et ce n'est pas propre à l'aéronautique, l'Industrie du Futur peut permettre d'améliorer l'image des métiers industriels y compris pour les métiers de type col bleu qui deviennent plus intéressants et portent plus de valeur ajoutée. Par ailleurs, les technologies peuvent permettre de rendre les collaborateurs existants mieux formés et plus polyvalents (en les formant à une technologie plutôt qu'à un processus industriel, ou en utilisant des moyens efficaces de formation de type réalité augmentée) et ainsi de diminuer la demande en nouveaux talents. Enfin, l'Industrie du Futur s'accompagne d'une forme d'automatisation qui peut mécaniquement baisser le besoin en nouveaux talents. Ces enjeux de compétence seront traités en détail dans le prochain chapitre.

Des gains en compétitivité hors coûts ont également déjà été observés au sein de la filière aéronautique française, au travers de cas concrets⁵⁹ dont certains sont listés ci-dessous :

Des exemples concrets de gain en compétitivité hors coûts déjà observés dans la filière aéronautique française

Type d'entreprise	Solutions mises en place	Impact constaté
PME aéronautique (usinage)	Intégration des données avec les clients <i>via</i> AirSupply, outil de gestion collaborative des stocks avec les clients	Gains en qualité (PpM de 7 000 à 250 en 5 ans)
	Machines d'usinage programmables autonomes, transport automatisé des copeaux et des outillages	Gain du taux de livraison à temps (OTD : « On-Time-Delivery » de 85 à 95 % en cinq ans)
	RFID sur outils	Possibilité accrue d'attirer/garder des collaborateurs
ETI aéronautique (usinage / assemblage)	Robotisation de tâches sur certaines activités de niche afin d'accroître la qualité des pièces dont le volume ne permet pas une courbe d'apprentissage manuel	Qualité accrue et augmentation de part de marché sur ces activités de niche
Grande Entreprise (GE) aéronautique	Généralisation de l'utilisation d'AirSupply avec tous les clients et les fournisseurs en s'appuyant sur un programme poussé d'accompagnement pour aider notamment les petits	Gain jusqu'à 20 points du taux de livraison à temps pour certains fournisseurs

⁵⁹ Source : entretiens avec des entreprises de la filière et expérience BCG

(aérostructure)

fournisseurs dans leur déploiement

GE
aéronautique
(plateformiste)

Lors d'un développement, méthodes agiles pour avoir un premier prototype après quelques semaines
Utilisation de l'impression 3D pour réaliser une large partie des pièces de l'ensemble
Utilisation de logiciels de simulation avancée

Temps de développement réduit par deux et premier prototype après seulement six semaines

La chaîne de valeur à horizon 10-15 ans : six exemples de disruptions possibles liés à la transformation numérique des industries et services

Si l'on se projette à plus long terme, la filière aéronautique française est susceptible de connaître de fortes ruptures à la fois au niveau de la demande, du paysage compétitif et des technologies. Dans le cadre de l'étude, une vision à 10-15 ans a été ébauchée avec un panel d'industriels de la filière. Elle émet des hypothèses sur certaines disruptions possibles à long terme, sans prétendre à l'exhaustivité ni à l'évaluation des probabilités de ces scénarios.

On peut s'attendre à une poursuite de la croissance de la demande, émanant en particulier d'Asie et en premier lieu de Chine. Concernant les nouveaux marchés, une nouvelle demande est attendue pour le supersonique ; on peut envisager également une rupture profonde dans le marché de la mobilité urbaine avec l'hypothèse de voitures volantes et/ou autonomes. Enfin, de nouveaux programmes de Défense pourraient être portés au niveau européen, par exemple avec la possibilité d'un avion de combat franco-allemand.

À un horizon 10-15 ans, l'acteur chinois Comac sera vraisemblablement devenu un plateformiste majeur avec une part de marché significative en Chine. Par ailleurs, les acteurs numériques, notamment des acteurs de type « GAFA » (Google, Apple, Facebook, Amazon) pourraient avoir fait leur entrée dans le marché des services autour des données industrielles et de vol. Enfin, de nouveaux acteurs venant d'autres secteurs auront pu émerger dans la filière aéronautique en s'appuyant sur des ruptures industrielles ou méthodologiques dans le développement.

Enfin, concernant les technologies, les prochaines générations d'avions à horizon 10-15 ans seront probablement entièrement connectées avec en particulier l'émergence de nouveaux services opérés depuis le sol. Des ruptures pourront intervenir dans les produits comme les avions supersoniques, les voitures volantes en mobilité urbaine, les objets volants sans pilote dans la Défense, la propulsion électrique ou les solutions d'hybridation. Enfin, des ruptures seront aussi attendues dans les *processus* de production avec notamment l'accélération de la fabrication additive pour le métal ou l'amplification de la fabrication en composites.

Ces possibles mutations de l'industrie aéronautique seront fortement liées à l'amplification de solutions Industrie du Futur. Celles-ci auront le potentiel de modifier la structure même de la chaîne de valeur ; générant des menaces mais aussi des opportunités pour la filière. Des exemples de ces possibles disruptions à horizon 10-15 ans sont proposés ci-dessous.

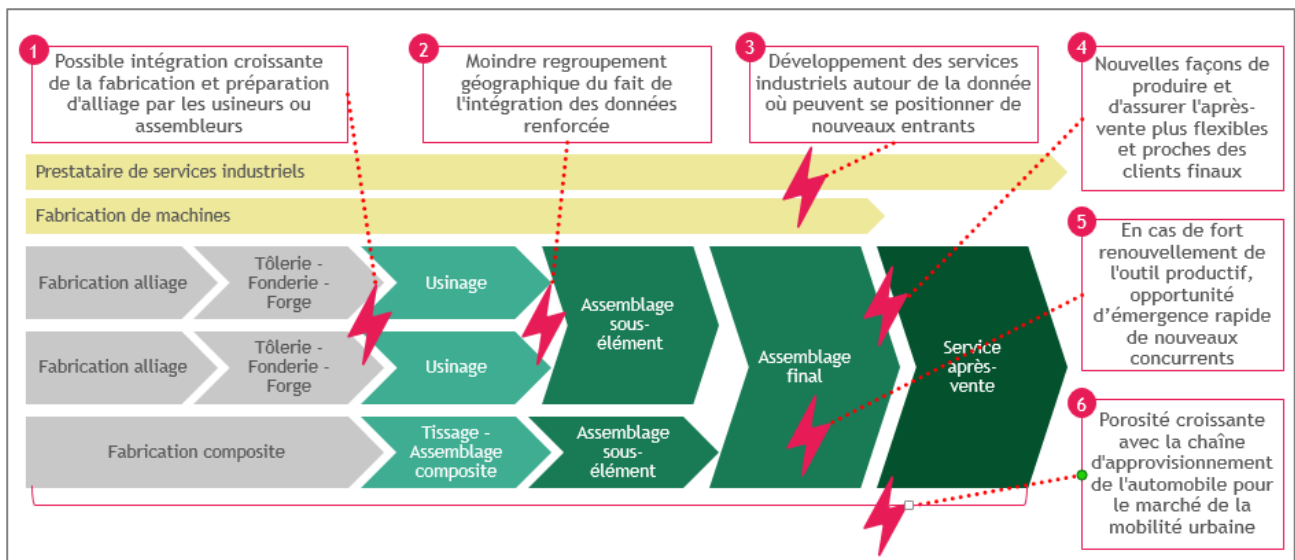


Figure 34 : Illustration d'une chaîne simplifiée d'aérostructure affectée par six possibles disruptions à moyen terme

1. Intégration croissante de la fabrication et préparation d'alliages par les usineurs ou assembleurs. La chaîne amont d'approvisionnement en matière pourra d'abord être transformée par l'utilisation accrue de composites au détriment des alliages traditionnels. Par ailleurs, la fabrication additive concernant les métaux va gagner en maturité et sera particulièrement pertinente lorsque la demande est fluctuante (par exemple pour le marché de la Défense) ce qui nécessite aujourd'hui à chaque fois de réactiver une chaîne d'approvisionnement rigide et lente ; ou lorsque les processus actuels sont trop variables (par exemple la fonderie). Ces activités pourraient être internalisées par les grands donneurs d'ordres ou fournisseurs de rang 1 afin de gagner en maîtrise de ces processus et en réactivité. De nouvelles sous-filières pourraient aussi émerger respectivement autour des matériaux composites et de la fabrication additive.

2. Moindre regroupement géographique du fait de l'intégration des données renforcée. Comme évoqué précédemment, nous allons assister à une intégration croissante des données (chaîne d'approvisionnement et ingénierie) de manière horizontale (intersites) et verticale (avec clients et fournisseurs).

Cela pourrait favoriser une restructuration mondiale de la chaîne d'approvisionnement composée d'un plus grand nombre de donneurs d'ordres, de fournisseurs de rang 1 globalisés, coconstruisant les nouvelles générations d'avions, et de fournisseurs de rang 2 consolidés, suivant leurs clients dans leurs implantations à l'étranger. Cette mondialisation de la chaîne d'approvisionnement qui débute (par exemple aux États-Unis, en Chine ou en Inde) pourrait remettre en cause l'avantage comparatif de la filière française en particulier pour les fournisseurs en fabrication sur plan qui bénéficient d'une proximité géographique avec le donneur d'ordres.

3. Développement des services industriels autour de la donnée où peuvent se positionner de nouveaux entrants. Les géants du numérique, notamment les acteurs de type GAFAM, pourraient faire leur entrée dans les services autour des données (données à la fois industrielles pour les moyens de production et données de vol pour les avions). Leur entrée sera favorisée par la complexité et la digitalisation croissante des avions et des moyens de production, et des attentes toujours plus élevées des clients en matière de performance et de services. Dès lors, on peut s'attendre à une concurrence intense autour des données entre les donneurs d'ordres, les équipementiers et les acteurs du numérique.

4. Nouvelles façons de produire et d'assurer l'après-vente plus flexibles et proches des clients finaux. L'influence croissante de la robotisation et de l'impression en 3D pourrait répondre à la demande des clients de plus en plus forte en termes de flexibilité et de rapidité. Les assembleurs ou les entreprises de maintenance (ou MRO : « Maintenance, Repair and Overhaul ») pourraient développer des réseaux d'imprimante 3D mondiaux afin de répondre au plus vite à une demande de service après-vente. Cette opportunité existe dès aujourd'hui

pour les pièces en plastique (par exemple pour les pièces de rechange de cabine) et pourrait évoluer demain vers les pièces en métal.

5. En cas de fort renouvellement de l'outil productif, opportunité d'une émergence rapide de nouveaux concurrents. Avec la robotisation et l'automatisation croissantes de l'outil productif (notamment pour les métiers à forte main-d'œuvre), de nouveaux acteurs pourraient entrer sur le marché de l'aéronautique en s'appuyant sur des parcs de production et d'assemblage ultramodernes et flexibles, en laissant la capacité d'ingénierie seule aux acteurs établis. D'autres acteurs hors du secteur pourraient même développer des programmes aéronautiques en s'appuyant sur des méthodes innovantes de conception et de production, comme Tesla a pu le faire dans le marché des fusées. Le marché des drones par exemple est encore en structuration et pourrait voir un nouvel acteur prendre une position dominante.

6. Porosité croissante avec la chaîne d'approvisionnement de l'automobile pour le marché de la mobilité urbaine. Comme évoqué précédemment, le marché de la mobilité urbaine devrait voir apparaître des opportunités nouvelles sur lesquelles pourraient se positionner à la fois des constructeurs historiques de l'automobile et des acteurs aéronautiques. Dès lors, et aidée par de nouvelles solutions d'intégration des données, une porosité croissante pourrait apparaître entre les chaînes d'approvisionnement respectives.

Les nouvelles technologies vont aussi modifier en profondeur l'emploi, les compétences et l'organisation des entreprises de la filière

L'adoption de nouvelles technologies va faire évoluer les emplois de la filière en nature et en compétences

L'adoption progressive des nouvelles technologies aura un impact majeur sur l'emploi industriel en France. Ce chapitre s'attache à décrire brièvement ces évolutions générales avant de détailler les implications spécifiquement pour la filière aéronautique.

De manière illustrative, on peut estimer qualitativement l'impact de différents cas d'application de ces technologies sur les emplois en nature et compétences nécessaires :

- L'utilisation avancée du *Big Data* pour résoudre les problèmes qualité va ainsi diminuer la demande en contrôleurs qualité tout en augmentant le besoin de programmeurs et d'analystes en données industrielles ;
- La robotisation et cobotisation croissante des tâches va diminuer le besoin en opérateurs manuels de production (effectuant des tâches répétitives) et augmenter le besoin en régleurs/programmeurs et coordinateurs d'une flotte de robots ;
- Les technologies d'optimisation automatique du *planning* et du taux d'utilisation des machines vont limiter la demande en planificateurs de production classiques et nécessiter davantage de spécialistes dans la modélisation de données ;
- La croissance de la fabrication additive va diminuer le nombre d'opérateurs sur les lignes de fabrication et d'assemblage (pour les tâches substituées) et augmenter le besoin en ingénieurs de conception et de modélisation 3D ;
- Les nouveaux systèmes (de type MES) permettant de connecter les machines et les systèmes d'information entre eux vont diminuer le besoin en collaborateurs suivant et consolidant la performance et augmenter le besoin en ingénieurs ayant des compétences dans l'informatique industrielle ;
- Enfin, l'intelligence artificielle pourrait à moyen terme faire diminuer le nombre de collaborateurs dans les fonctions dites support (RH, Finance) en automatisant certaines tâches ; ainsi que celles des ingénieurs de Recherche et Développement en développant des plateformes d'expertise auto-apprenantes

À court terme, sous l'essor des nouvelles technologies de l'Industrie du Futur, la demande pour des métiers simples et répétitifs (plutôt des cols bleus) va diminuer ; à l'inverse, la demande pour des métiers complexes, souvent autour de la donnée ou la robotique (plutôt des cols blancs), va augmenter en pourcentage.

À moyen terme, l'impact de l'intelligence artificielle pourrait mettre à risque des emplois plus qualifiés dans les fonctions de support ou l'ingénierie.

À l'échelle macroéconomique, il n'y a pas de consensus sur l'impact global des solutions Industrie du Futur mais le taux d'emplois affectés (soit détruits, soit transformés) est significatif :

Source	Niveau d'analyse	Données	Part des emplois à risque
Roland Berger (2014)	Métiers	Structure de l'emploi français (INSEE)	42%
Arntz, Gregory, Zierahn (2016)	Individus (tâches)	PIAAC	9%
Le Ru (2016)	Individus (conditions de travail)	Enquête Conditions de travail (DARES)	15%
COE (2017)	Métiers	Enquête Conditions de travail (COE)	10% (et 50% transformés)

Figure 35 : Résultats des principales études prospectives en France étudiant l'impact des nouvelles technologies sur l'emploi

En particulier, le Conseil d'orientation pour l'emploi (COE)⁶⁰ prévoit qu'une majorité d'emplois va évoluer :

- près de 10 % des emplois existants « présentent un cumul de vulnérabilités susceptibles de menacer leur existence dans un contexte d'automatisation et de numérisation » ;
- environ 50 % des emplois existants « sont susceptibles d'évoluer de façon significative à très importante ».

Pour la filière aéronautique, ces évolutions se traduisent de façon différenciée selon les segments d'entreprises, qui ont généralement des structures de personnel différentes :

- les OEM ou fournisseurs de rang 1 ont généralement un nombre de cols blancs important et de grands bureaux d'études R & D (cols bleus production et services : ~ 30 %, cols blancs support production et services : ~ 15 %, cadres R & D : ~ 30 %, cols blancs fonctions de support : ~ 25 %) ;
- les fournisseurs de rang 2 ont généralement des structures d'employés avec davantage de cols bleus en proportion (opérateurs production et services : ~ 50 %, cols blancs support production et services : ~ 20 %, cols blancs R & D : ~ 15 %, cols blancs fonctions de support : ~ 15 %).

À court terme, l'impact sur l'emploi pourrait donc être supérieur chez les fournisseurs de rang 2.

Par ailleurs et comme détaillé dans la partie précédente, l'adoption de nouvelles technologies améliore la compétitivité (en termes de coût, flexibilité, rapidité, qualité ou services) et stimule de ce fait la création d'emplois. Ce phénomène de compensation (aux emplois détruits par la digitalisation) est notamment étudié par Calbino F. et Virgillito M.-E. en 2016. Si l'on raisonne au niveau de la filière française, une augmentation générale de sa compétitivité internationale pourrait alors augmenter le nombre d'emplois industriels.

⁶⁰ Source : « Automatisation, numérisation et emploi », COE, 2017

L'un des paramètres de la compétitivité internationale⁶¹ repose sur la vitesse d'adoption relative de ces technologies entre pays. De manière illustrative, trois scénarios peuvent être évoqués afin de comprendre l'impact de cette vitesse d'adoption relative :

- scénario 1 : la filière aéronautique française a une vitesse d'adoption inférieure à ses concurrents ;
- Scénario 2 : la filière aéronautique française a une vitesse d'adoption équivalente à ses concurrents ;
- Scénario 3 : la filière aéronautique française a une vitesse d'adoption supérieure à ses concurrents.

Scénario 1. Dans ce scénario, la filière française perd en compétitivité et en parts de marché. En conséquence, l'emploi (pour les cols bleus et les cols blancs) diminue. Par ailleurs, l'adoption des nouvelles technologies, même plus lente, engendre une diminution des emplois notamment concernant les cols bleus. Au final, l'impact global sur le niveau d'emploi de la filière va de négatif (pour les cols blancs) à très négatif (pour les cols bleus).

Scénario 2. Dans ce scénario, la filière française maintient sa compétitivité, de même que ses parts de marché. L'adoption des technologies nécessaires détruit cependant de l'emploi, notamment des cols bleus. D'autre part, la filière qui demeure compétitive peut capter une partie de la croissance du secteur et augmenter ses revenus *via* de nouvelles offres (notamment de services). Cela lui permet d'augmenter en volume son nombre d'emplois de cols bleus et cols blancs. Au final, l'impact global sur le niveau d'emploi est limité.

Scénario 3. Dans ce scénario, la filière française gagne en compétitivité et peut alors augmenter ses parts de marché sur l'existant tout en étant idéalement positionnée pour capter la croissance du secteur et augmenter son chiffre d'affaires *via* de nouvelles offres. La forte adoption des nouvelles technologies a détruit de l'emploi initialement, notamment de cols bleus, mais l'impact global peut s'avérer positif.

Le scénario 3 (le plus favorable) semble à ce stade peu probable, pour plusieurs raisons :

- Parmi les concurrents principaux figurent les deux *leaders* établis des technologies digitales, États-Unis et Chine. On peut s'attendre à une diffusion très rapide de l'Industrie du Futur dans la filière aéronautique de ces deux pays.
- D'autre part, l'impact d'éventuels gains de compétitivité en France sera limité par la tendance protectionniste observée aux États-Unis (avec pour exemple les récentes taxes douanières imposées à Bombardier) et en Chine (avec un ambitieux plan qui vise à installer Comac comme *leader* sur le marché chinois en 2030).
- Enfin, les conditions émergentes de certains marchés aéronautiques limitent la capacité à créer de l'emploi en grand nombre sur le sol français, même si la filière est compétitive. En effet, dans le marché de la Défense, les ventes s'accompagnent de compensations ou « offset » qui imposent souvent la fabrication de composants ou l'assemblage final dans le pays importateur. De même, dans le marché de l'aviation civile, des marchés attractifs comme les États-Unis ou la Chine imposent également des productions sur leur sol pour promouvoir la production nationale. C'est par exemple le cas pour Airbus qui a ouvert des sites d'assemblage dans ces deux pays

La vitesse d'adoption relative des nouvelles solutions constitue ainsi un facteur important de l'évolution du niveau d'emploi.

À titre illustratif, l'étude BCG de 2015 sur l'industrie allemande a quantifié l'impact des nouvelles technologies sur l'emploi industriel allemand à un horizon de 10 ans. La conclusion est incertaine et il en ressort des scénarios variés de - 180 000 à + 950 000 nouveaux emplois en fonction du taux d'adoption et des revenus additionnels (liés notamment à la compétitivité internationale relative).

⁶¹ Les autres paramètres peuvent être la taille du marché domestique, le coût de la main-d'œuvre, le prix de matières, etc.

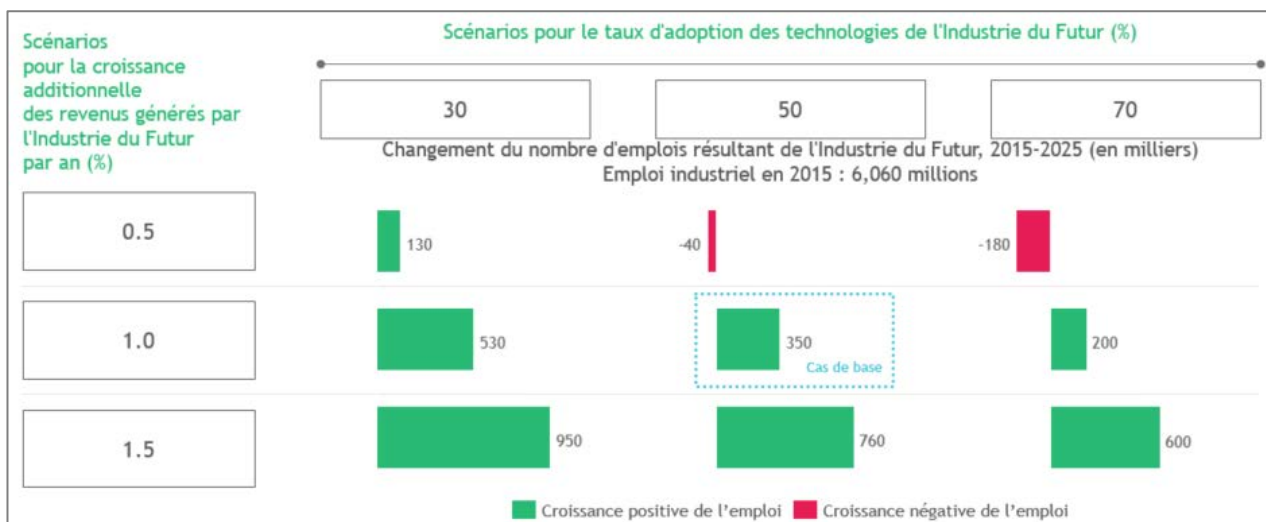


Figure 36 : Scénarios de quantification de l'impact des nouvelles technologies sur l'emploi industriel allemand (étude BCG 2015)

De nouvelles compétences vont devoir être développées pour répondre au besoin de la filière

Le développement des solutions Industrie du Futur aura un impact majeur sur le profil des compétences nécessaires dans la filière aéronautique, qui peuvent être organisées en trois catégories : 1/ Des compétences expertes pour les nouveaux rôles autour des nouvelles technologies ; 2/ Un socle de compétences numériques indispensable pour tous, en particulier pour les métiers techniques ; 3/ Des savoirs comportementaux pour accompagner le changement digital.

Tout d'abord, on attend un besoin accru en compétences expertes dans les domaines liés aux nouvelles technologies. Ces nouvelles compétences concerneront en particulier la sécurité de la donnée, la gestion et l'analyse de la donnée, le développement de logiciels et programmation. Par ailleurs, il est important de souligner dans ces nouveaux rôles que les collaborateurs seront davantage formés à une technologie (ex. : programmation d'un cobot) qu'à un processus industriel spécifique, les rendant ainsi plus flexibles.

Au-delà des métiers directement liés aux nouvelles technologies, une large partie de métiers vont voir leur contenu évoluer (évolution importante pour plus de 50 % selon une étude COE) et un socle de compétences numériques deviendra indispensable pour tous. En particulier dans le domaine technique, les compétences de ce socle commun seront par exemple la navigation dans des interfaces numériques, la compréhension des systèmes de production et la prise de décision fondée sur des données.

Enfin, le besoin en nouvelles compétences numériques et les changements sans précédents au niveau des sites de production vont nécessiter des savoirs comportementaux comme la capacité à s'adapter à de nouveaux rôles et environnements de travail, ou la capacité d'apprentissage en continu.

Détails des trois catégories de compétences qui seront nécessaires⁶²

1/ Des compétences expertes pour les nouveaux rôles autour des nouvelles technologies

Il s'agit principalement de compétences impliquant la manipulation, la programmation et la conception des systèmes fondées sur les données. Le sujet de la sécurité et de la protection des données est critique.

- Évaluation et analyse des données.
- Sécurité informatique et protection des données.
- « Cloud Computing » (Nuagique).
- Manipulation des outils d'aide à la décision et d'analyse.
- Programmation et développement informatique.
- Manipulation des outils digitaux et impression 3D.
- Connaissance des algorithmes et de l'intelligence artificielle.

2/ Un socle de compétences numériques indispensable pour tous, en particulier pour les métiers techniques

Ici, l'accent sera mis sur les compétences techniques, l'analyse des données et la capacité à mener des actions indépendantes. Cette évolution implique le contrôle, la surveillance et la gestion des perturbations afin d'assurer des opérations normales et de haute qualité. Cela nécessite une connaissance approfondie des processus et des systèmes, mais aussi une capacité d'autonomie dans la prise de décisions sur la base des données analysées.

- Connaissance et compréhension des processus sur l'ensemble de la chaîne.
- Connaissance et compréhension des systèmes.
- Prise de décision fondée sur les données.
- Définition, contrôle et prise en main de machines et systèmes connectés.
- Maintenance de systèmes complexes et connectés.

3/ Des savoirs comportementaux pour accompagner le changement digital

L'évolution vers des modèles plus agiles, moins hiérarchisés, dans lesquels les opérateurs disposent d'une plus grande autonomie et de plus de responsabilités, implique de voir évoluer les compétences sociales et personnelles des collaborateurs. La capacité à collaborer et coopérer avec une large gamme d'acteurs sera essentielle. Des équipes hautement qualifiées travaillant ensemble dans des lieux différents sous leur propre responsabilité avec des méthodes de travail flexibles et axées sur les résultats exigent des aptitudes de management avancées ainsi que de solides compétences en communication.

- Résolution de problèmes et approche transverse.
- Capacité d'adaptation.
- Capacité à travailler en équipe et approche collaborative.
- Aisance relationnelle.
- Apprentissage continu autonome tout au long de la carrière.
- Autonomie et pensée créative.

Une récente étude du BCG (2017) qui a sondé plus de 300 industriels français pour évaluer l'impact des compétences demandées en entreprise confirme ces besoins en nouvelles compétences.

⁶² Source : <http://www.hr40.digital/en/learning-training/what-type-of-competencies-will-industry-4-require-2>

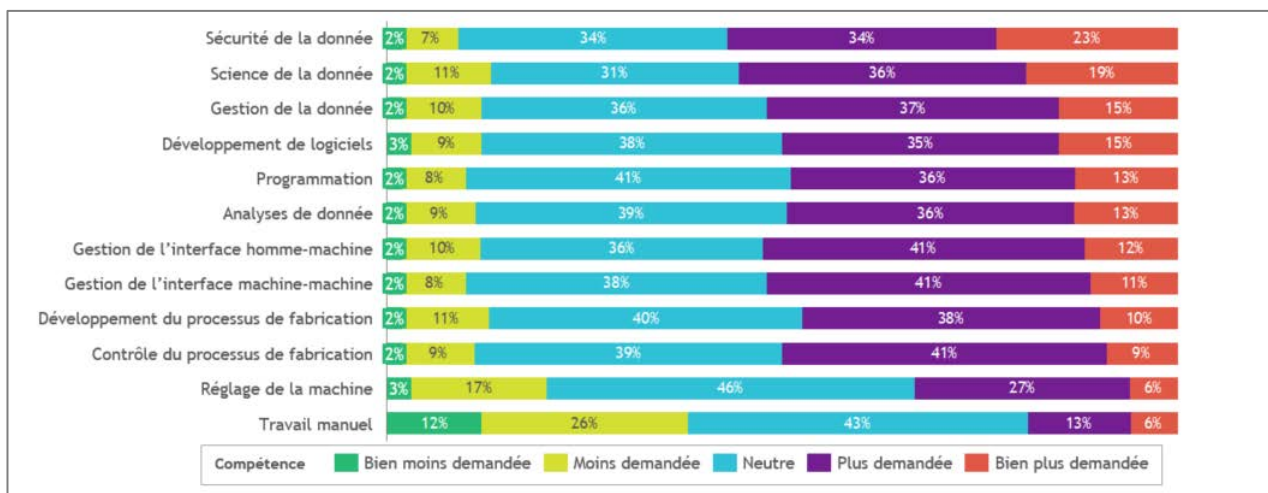


Figure 37 : Impact sur les compétences demandées en entreprise (étude BCG janvier 2017)

Ce besoin en nouvelles compétences va d'abord profondément affecter les métiers traditionnels de l'industrie aéronautique, touchant en particulier les fonctions de production, d'ingénierie et le service informatique, mais touchant aussi les fonctions supports comme les achats, les ventes, les ressources humaines ou la finance. Une cartographie des évolutions attendues pour chaque métier traditionnel de l'aéronautique est présentée ci-dessous.

Évolution des métiers traditionnels de l'aéronautique

Opérateur sur ligne

Aujourd'hui, un opérateur doit en général prendre en charge le travail en cours et contrôler la performance et la qualité des produits sur une seule machine. Les solutions Industrie du Futur permettront à un opérateur d'assumer ces responsabilités sur plusieurs machines. Les procédures opératoires standardisées pour chaque tâche seront affichées sur des écrans ou des lunettes. Le contrôle de la performance des machines et de la qualité des produits sera assisté par des demandes de contrôle qualité fournies par un système automatique. En conséquence, l'opérateur aura besoin de formations moins poussées sur les machines et les produits, mais devra en revanche posséder des compétences accrues dans l'utilisation des dispositifs numériques et des logiciels et avoir accès à un référentiel de connaissances numériques.

Par ailleurs, en cas de forte automatisation, le rôle de l'opérateur pourra être étendu à celui de coordinateur robots qui devra surveiller les robots dans les ateliers et répondre aux dysfonctionnements ou signaux d'erreur. Le coordinateur prendra en charge à la fois des tâches d'entretien de routine et de maintenance d'urgence et impliquera d'autres experts si nécessaire.

Aujourd'hui, en particulier pour un travail sur ligne d'assemblage, l'opérateur peut avoir à soulever de lourdes charges et adopter des positions peu ergonomiques. Un appareillage robotique pourra être utilisé pour soulager les opérateurs des tâches physiquement exigeantes et améliorer l'ergonomie. Par exemple, un robot pourra soulever des éléments de finition intérieure des cabines et, après un alignement manuel par un ouvrier, fixer automatiquement la pièce à la structure.

Technicien de maintenance

L'Industrie du Futur augmentera de façon substantielle la productivité des techniciens de maintenance sur le terrain, qu'ils opèrent dans des usines pour réparer des machines ou dans des magasins pour réparer des avions. Actuellement, ces techniciens sont susceptibles de ne consacrer que quelques heures par jour à des tâches à valeur ajoutée, et ce sur un seul site. La plus grande partie de leur temps de travail est occupée en déplacements sur le site et en discussions sur les problèmes et leurs solutions avec d'autres experts ou collaborateurs de support de second niveau. Les opérations manuelles sur l'ensemble du processus produisent des retards et arrêts de production significatifs.

	<p>L'Industrie du Futur permettra une maintenance prédictive assistée par la technologie. En examinant à distance et en temps réel un flux de données sur la performance des machines ou sur la performance des avions en vol, le technicien sera capable d'identifier de manière proactive les défaillances et de commander les pièces détachées avant d'arriver sur le site ou avant que l'avion atterrisse. Une fois en présence de la pièce défectueuse, le technicien sera aidé dans ses réparations par la réalité augmentée et pourra recevoir des conseils à distance d'experts absents du site. Le travail sera également automatiquement documenté.</p>
Ingénieur méthodes	<p>Son rôle, en particulier dans le tissu de PME aéronautiques ne disposant pas d'ingénieurs de développement, va devenir critique dans l'atteinte des objectifs de performance. Il sera le garant de la mise à niveau technologique de l'entreprise et le référent technique sur la mise en place et l'utilisation des nouvelles solutions. Il devra connaître les avancées technologiques, comprendre leur mode de mise en œuvre et anticiper leurs impacts.</p>
Ingénieur R & D	<p>Rôle essentiel dans l'aéronautique, l'ingénieur R & D s'appuiera sur des plateformes de bases de données (internes ou externes) auto-apprenantes permettant d'accélérer la résolution de problèmes complexes. La maîtrise de ces plateformes d'échanges ouvertes capitalisant sur l'intelligence collective, l'intelligence artificielle et le digital nécessiteront une approche collaborative. L'ingénieur R & D de demain sera connecté numériquement à l'ensemble de l'entreprise ainsi qu'à des collaborateurs à l'extérieur (clients, fournisseurs, universitaires) et devra travailler de façon de plus en plus agile du fait de cycles de développement plus courts.</p>
Opérateur dans le service Informatique	<p>Ce métier sera profondément transformé par les nouvelles technologies, en particulier l'introduction d'une nouvelle couche de données au niveau de l'usine. Il devra assurer la connexion entre les systèmes historiques utilisés et les nouvelles solutions déployées. Le passage d'un système informatique fermé au niveau de l'entreprise à un système ouvert au niveau de la filière (via des solutions transverses d'échanges de données) représentera une évolution majeure dans la manière d'exercer le métier et impliquera une approche plus agile et collaborative.</p>
Acheteur	<p>Le métier va aussi beaucoup évoluer du fait des outils digitaux. Au niveau de la recherche et de la sélection des fournisseurs, l'accès à des bases de données mondiales permettra d'optimiser le temps et le rapport coût/qualité des achats car l'acheteur disposera de beaucoup plus d'information. Au niveau de la contractualisation, l'acheteur pourra tirer profit de plateformes digitales qui fluidifieront l'ensemble du processus. Enfin, des outils de simulation et d'aide à la décision lui permettront d'optimiser les dates de lancement de commandes et les lieux et les quantités de stockage.</p>
Commercial	<p>Son métier va évoluer du fait de l'évolution des exigences de ses clients et des outils d'analyse de données à disposition pour y faire face. Ainsi, l'analyse de données <i>Big Data</i> permettra d'anticiper la demande croissante d'avions personnalisés.</p> <p>Au niveau du service après-vente, des outils précis de suivi de la performance des avions vendus permettront de proposer en avance des remplacements (« retrofits »). La valeur ajoutée des opérateurs du service après-vente sera augmentée grâce à l'assistance de plateformes auto-apprenantes.</p>

Au-delà de la transformation des rôles existants, l'adoption des solutions Industrie du futur implique l'émergence de nouveaux rôles avec des compétences spécifiques, détaillés dans l'encadré ci-dessous.

En fonction du besoin spécifique d'une entreprise et du degré d'expertise requis, plusieurs de ces rôles pourraient éventuellement être tenus par la même personne. Néanmoins, du fait de la multiplicité et de la spécificité des profils décrits, une entreprise (et a fortiori une PME) ne pourra pas disposer en interne de l'ensemble de ces compétences. Un enjeu sera donc pour la filière de favoriser l'accès à ces ressources rares, pour permettre le déploiement efficace des solutions (ce point sera abordé dans le volet 4).

Besoin de nouveaux rôles spécifiques à l'Industrie du Futur pour la filière aéronautique

Expert en gestion de projets digitaux/agiles

Capable de mener des pilotes et d'animer des équipes en mode projet, cet expert de la gestion de projets digitaux et de la méthode agile doit connaître les solutions Industrie du Futur et leur application aux problématiques de l'aéronautique. Il doit exercer un rôle clé dans la transformation des entreprises.

Intégrateur industriel

Capable d'intégrer les nouvelles technologies et les nouveaux outils, l'intégrateur industriel sera l'interlocuteur privilégié de l'ingénieur méthodes. Il sera en charge de mettre en place les nouveaux processus et les nouvelles technologies et devra pour ce faire avoir une bonne connaissance des processus spécifiques de l'aéronautique. Ce métier existe déjà mais il changera profondément car l'intégrateur aura un rôle continu à jouer auprès de l'industriel (pour mettre fréquemment de nouvelles briques technologiques en place) et non plus un rôle ponctuel d'installation de nouveaux processus lorsque toute la ligne est changée.

Ingénieur automaticien/coboticien

L'ingénieur en automatismes devra concevoir et mettre en œuvre des systèmes automatiques et robotiques complexes (robots, machine à commande numérique, etc.) pour la nouvelle génération de robots intelligents et collaboratifs. Il sera capable de les adapter aux besoins de ses interlocuteurs et de les optimiser en permanence. Il devra maîtriser les contraintes spécifiques de l'aéronautique, notamment en matière d'exigence de qualité et de traçabilité.

Expert en fabrication additive

Il interviendra sur l'ensemble de la chaîne de la conception à la production et la maintenance. Son expertise des matériaux, des outils de fabrication additive et des outils de simulation 3D lui permettront d'optimiser l'ensemble de la chaîne de production par un prototypage plus précis. Par ailleurs il interviendra sur la production des pièces en série pour l'avion. Il devra maîtriser les contraintes spécifiques de l'aéronautique, notamment en matière de certification de processus industriels.

Expert en cybersécurité

L'ouverture de réseaux, l'utilisation accrue des plateformes d'échanges et des bases de données connectées (notamment *via* les nouvelles solutions de partage de type AirSupply) créeront des besoins accrus en sécurité des systèmes informatiques. En interaction permanente avec le service informatique, l'expert en cybersécurité devra assurer la protection des données.

Ingénieur réseau informatique

L'ingénieur réseau informatique devra orchestrer la communication entre les machines (par exemple une machine d'usinage avec une machine de contrôle permettant à cette dernière de renvoyer automatiquement les mesures à la machine d'usinage pour que celle-ci retouche son travail). Il assurera également la connexion et l'organisation des flux de données produits par les nouvelles solutions, notamment au travers de solutions de type MES, et permettra l'exploitation efficace de ces données.

Codeur/programmeur

Grâce à sa connaissance des langages informatiques, notamment PHP et SQL, il aura pour mission de développer les codes pour que les machines industrielles communiquent entre elles (en s'appuyant sur le réseau construit par l'ingénieur réseau). Par ailleurs, il pourra mettre à profit ses compétences de codage pour automatiser les tâches répétitives (nombreuses notamment dans les fonctions de support aéronautiques) permettant aux collaborateurs de libérer du temps pour des activités à plus forte valeur ajoutée.

Analyste en données industrielles

Ce spécialiste conduira des analyses complexes sur les données collectées pour identifier des pistes d'amélioration des produits ou du processus industriel. Ce métier nécessite la maîtrise du processus de production aéronautique de même que des compétences en programmation statistique (exemple : R) et généraliste (exemple : Python).

L'organisation au niveau de l'usine et des entreprises va aussi évoluer considérablement

La propagation des technologies de l'Industrie du Futur va également faire émerger de nouvelles pratiques organisationnelles qui, quoique non spécifiques à l'aéronautique, vont créer des opportunités et des risques à considérer attentivement par la filière.

Au niveau des collaborateurs :

- Les organisations vont être plus horizontales en laissant davantage d'**autonomie et de responsabilité** aux opérateurs sur ligne de production. Les prises de décisions seront plus rapides et les opérateurs plus engagés. Cela implique une évolution du rôle des *managers*, plus orientés vers le « coaching », et une revue des processus de l'entreprise.
- Les opérateurs seront plus **polyvalents** ce qui permettra une meilleure réactivité et des synergies possibles entre différents postes de travail. Cette évolution pourrait toutefois également produire des résistances si la polyvalence est perçue comme une déqualification.
- L'intégration des données, notamment au niveau du terrain de production, rendra possible le **suivi personnalisé des performances des opérateurs**. Cela peut accroître leur engagement et permettre une rémunération plus individualisée. Un tel suivi personnalisé doit être introduit avec précaution car il peut également susciter des résistances.
- Par ailleurs, la part du travail en **mode projet et en mode agile** va nettement augmenter. Ainsi, les opérateurs évolueront plus régulièrement dans leurs tâches et pourront y trouver plus d'intérêt. Le suivi et l'appui du management sont essentiels pour éviter de déstabiliser des équipes peu accoutumées à ces modes de travail.
- Enfin, les **conditions de travail** vont évoluer, avec des améliorations de l'ergonomie (ex. : assistance par cobotique, réalité augmentée).

Au niveau de l'entreprise :

- L'intégration des données permettra un **lien plus direct et rapide entre le management et les lignes de production**. Il sera même possible de piloter les moyens industriels à distance (*via* les jumeaux virtuels de l'usine). Ces liens permettront une meilleure réactivité, flexibilité et productivité, à la condition d'adapter la gestion et les processus pour accompagner les équipes.
- Les **liens seront renforcés entre la fonction de production et les autres fonctions de l'entreprise**, notamment la fonction R & D ou la fonction informatique. Aussi, un opérateur augmenté contactera rapidement des collaborateurs pour résoudre des problèmes d'ingénierie ou de systèmes. Cela permettra à toute l'entreprise d'être plus engagée, une meilleure réactivité et transparence, si l'entreprise adopte une organisation moins hiérarchique et centralisée.
- Les **liens seront renforcés entre l'entreprise et ses partenaires** hors de l'entreprise (concept d'entreprise étendue) ; cela permettra une meilleure réactivité (notamment pendant les périodes de conception), avec toutefois un risque accru à gérer sur la propriété intellectuelle.

Ces évolutions conduisent ainsi à déstabiliser des équilibres établis dans l'entreprise, menant à une organisation plus décentralisée et plus horizontale.

Pour illustration, une étude DARES montre le lien entre certaines des nouvelles pratiques organisationnelles et la numérisation de l'entreprise :

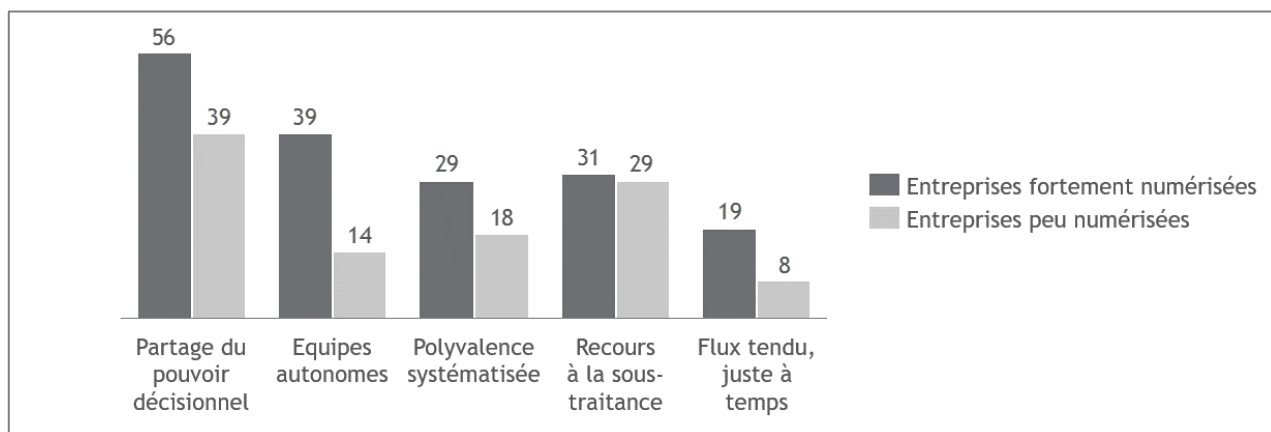


Figure 38 : Étude DARES (2013) - Part d'établissements industriels mettant en place des dispositifs organisationnels flexibles selon leur degré de numérisation

VOLET 3 – UN DÉPLOIEMENT LIMITÉ AU SEIN DE LA FILIÈRE DU FAIT DE FREINS SUBSTANTIELS

En dépit du potentiel majeur décrit dans le volet 2, les solutions Industrie du Futur sont actuellement peu déployées au sein de la filière qui fait face à un certain nombre de freins substantiels. Néanmoins, des leviers d'action sont d'ores et déjà à disposition, sur lesquels une stratégie de déploiement pourra s'appuyer.

Un constat préoccupant : une filière à deux vitesses face à l'Industrie du Futur, et une dynamique qui peine à s'enclencher

La filière présente un tableau contrasté, avec une maturité de déploiement en moyenne supérieure dans les plus grandes entreprises par rapport aux PME. Néanmoins, au global peu d'entreprises quelle que soit leur dimension, ont généralisé la mise en œuvre des solutions Industrie du Futur.

Méthodologie CP-AG

Un cadre d'analyse du parcours de l'entreprise dans l'adoption des solutions Industrie du Futur : Compréhension – Préparation – Activation – Généralisation (« CP-AG »)

Pour comprendre la dynamique d'adoption des solutions Industrie du Futur et évaluer les freins à leur déploiement, il ne suffit pas de mesurer la mise en œuvre effective de telle ou telle solution technologique. Il est important d'appréhender la « maturité » des entreprises sur le sujet, c'est-à-dire leur capacité à comprendre les enjeux liés aux nouvelles solutions, à en préparer la mise en œuvre de façon efficace et cohérente, et à les déployer méthodiquement, en s'appuyant sur des résultats mesurables.

C'est pourquoi l'analyse des volets 3 et 4 de cette étude s'appuie sur le cadre « CP-AG », correspondant aux grandes étapes du parcours de transformation dans lequel les entreprises sont engagées. Ce cadre comporte deux étapes de réflexion, « Compréhension » et « Préparation », et deux étapes d'action : « Activation » et « Généralisation ».

Compréhension des principes pour bâtir une vision : pour engager une transformation mobilisant les solutions Industrie du Futur, une entreprise doit avoir développé une vision, assise sur la conviction qu'il s'agit d'une priorité à même de répondre aux enjeux clés auxquels elle fait face. Cela suppose de connaître les solutions de l'Industrie du Futur et leurs impacts, d'en comprendre la pertinence pour sa propre entreprise, et de saisir la nécessité d'une transformation rapide.

Préparation aux cas d'application pour construire une feuille de route : comme évoqué dans le volet 2 de l'étude, certains cas d'usage de solutions technologiques émergent comme des incontournables pour la filière, tandis que d'autres doivent être adoptés au cas par cas, en fonction des enjeux propres de l'entreprise. De plus, certaines solutions Industrie du Futur produisent un impact d'autant plus favorable qu'elles sont déployées ensemble, de façon cohérente (en particulier grâce à l'exploitation conjointe des données produites). Pour assurer un déploiement le plus efficace possible, il est donc important de le planifier en amont afin de séquencer la mise en œuvre, de définir précisément les solutions et les fournisseurs choisis, et de spécifier les moyens mobilisés. C'est sur la base d'une feuille de route détaillée que l'entreprise pourra valider sa démarche et démarrer le déploiement.

Activation de pilotes pour constater l'impact : l'étape d'activation correspond à la mise en œuvre de solutions sous forme de pilote, sur un périmètre limité. Cette étape permet de tester les solutions dans les conditions réelles de l'entreprise, et d'en vérifier la faisabilité compte tenu des ressources, infrastructures et compétences disponibles. Elle doit également permettre de mesurer les impacts concrets des solutions déployées, et de mettre à jour la feuille de route en y intégrant les enseignements du pilote.

Généralisation à tout le périmètre pour réaliser un saut de performance : une fois l'approche de déploiement définie et l'impact des solutions mesuré, la mise en œuvre doit être généralisée à l'ensemble du périmètre choisi pour produire tous les effets attendus. L'étape de généralisation intègre un effort d'adaptation de l'organisation et de conduite du changement, en ligne avec les impacts humains décrits dans le volet 2.

Remarque : Il s'agit d'un cadre schématique qui a vocation à aiguiller la démarche. Par simplification, les quatre étapes de ce parcours idéal sont présentées de façon strictement séquentielle ; ce n'est pas nécessairement le cas dans la réalité, et une entreprise peut par exemple avoir débuté l'« activation » d'une solution sans avoir défini une feuille de route complète (« préparation »).

Des grandes entreprises face au défi du déploiement

Les plus grandes entreprises (de façon schématique, celles qui dépassent 100 M€ de chiffre d'affaires) ont généralement déjà développé une vision claire du potentiel de l'Industrie du Futur, et l'ont, *a minima*, retranscrite dans une feuille de route qui identifie de premières solutions à déployer. Parmi les donneurs d'ordres et les grands fournisseurs de rang 1 en particulier, il existe généralement une équipe désignée pour mener la transformation Industrie du Futur.

Au-delà de ces éléments qui traduisent une maturité des entreprises pour les étapes « Compréhension » et « Préparation », on constate le lancement de très nombreux pilotes (« Activation »). Ces pilotes concernent principalement les fonctions d'industrialisation et de production, mais peuvent s'étendre également à d'autres fonctions telles que la conception de produits, la logistique et les fonctions de support. Ils couvrent également un champ de technologies varié, axé en particulier sur les technologies « physiques » : production additive, réalité augmentée, robots collaboratifs et « smart machines ».

En revanche, l'impact de ces pilotes n'est pas systématiquement mesuré, et le déploiement est rarement étendu à l'échelle de l'entreprise (« Généralisation »). Les grandes entreprises témoignent de difficultés substantielles à généraliser le déploiement sur un périmètre étendu (multiples chaînes de production, sites ou pays), comme tous les secteurs industriels.

La consultation réalisée (voir encadré ci-dessous) confirme ces observations :

- plus de 90 % des entreprises interrogées de plus de 100 M€ de CA déclarent avoir une vision claire de ce que les solutions industrie du futur représentent ;
- environ 80 % d'entre elles ont identifié de premières solutions à mettre en œuvre ;
- environ 60 % en ont mis en place :
 - plus de 50 % ont mis en œuvre un pilote autour de la production additive et d'autres processus et matériaux innovants,
 - environ 35 % autour de la réalité augmentée,
 - environ 25 % ont mis en œuvre un pilote autour des robots collaboratifs et « smart machines ».
- moins de 5 % ont généralisé des solutions ;
- globalement, les entreprises de plus de 100 M€ de CA sont en avance sur l'ensemble des briques technologiques ;
- les grandes entreprises sont plus nombreuses que les petites à vouloir augmenter leur investissement dans le digital.

Une faible maturité dans la plupart des petites structures

Les PME de la filière forment un groupe hétérogène du point de vue de leur position dans la filière, leur appétence à l'intégration d'innovation/de nouvelles technologies, leurs capacités financières etc. De fait, elles font état d'une diversité d'obstacles dans l'adoption et le déploiement de ces solutions. Deux freins apparaissent majeurs :

- Leur taille : certaines PME, trop petites ou dont l'activité n'est que partiellement dédiée à la filière, peuvent disposer de capacités insuffisantes pour procéder à des investissements relativement lourds requis par certaines solutions. Elles peuvent aussi avoir des difficultés à trouver des fournisseurs (SSI) à même de fournir une solution adaptée à leur taille. Elles peuvent manquer de ressources internes pour décrypter les enjeux opérationnels, financiers, humains associés à l'adoption des solutions Industrie du Futur. Elles peuvent également ressentir de manière plus aigüe la complexité interne de la transformation d'un grand nombre de fonctions de manière simultanée, ainsi que la difficulté de choix d'une ou plusieurs solutions adaptées (devant la profusion de l'offre) et des arbitrages financiers induits.
- Leur diversité d'activités et de donneurs d'ordres : certaines entreprises en amont peuvent produire pour plusieurs secteurs utilisateurs différents. Les solutions à mettre en œuvre risquent alors de devoir répondre à des standards hétérogènes en matière d'interopérabilité et de compatibilité des systèmes, en fonction de la diversité des donneurs d'ordres. Cette complexité peut être ressentie plus lourdement par de petites structures qui disposent de moyens plus limités pour la prendre en charge.

Dans ce groupe hétérogène des entreprises de moins de 100 M€ de CA, il est tout de même possible de dresser un constat d'ensemble : l'adoption des solutions Industrie du Futur est plus restreinte comparé à celle des grands groupes.

- La maturité du parcours de transformation se limite souvent, à ce jour, aux étapes de réflexion. Ainsi, aux yeux de nombreux dirigeants de PME, la notion d'« Industrie du Futur » est floue et donc rarement considérée comme une priorité pour la direction ; les solutions concernées sont peu connues (mis à part certaines solutions « physiques », en particulier les robots collaboratifs et la production additive, mais plus rarement la réalité augmentée, souvent perçue comme trop complexe et insuffisamment mature).
- Peu de PME ont de fait établi une feuille de route ou identifié un responsable pour suivre ces sujets au sein de leur structure (« Activation »). Si certaines ont testé des solutions, c'est donc encore rarement dans le cadre d'une démarche de déploiement global qui permettrait d'en optimiser l'impact. En outre, il s'agit en général d'applications réservées aux fonctions de production et d'industrialisation, alors que le potentiel sur les dimensions de conception peut être très élevé.

En se référant aux résultats de la consultation :

- environ 50 % des entreprises interrogées de moins de 100 M€ de CA n'ont pas de vision claire des solutions Industrie du Futur, ou n'ont pas démarré la préparation de leur mise en œuvre :
 - moins de 30 % en ont mis en place, dont environ 20% ont mis en œuvre un pilote autour des robots collaboratifs et « smart machines ».
- moins de 5 % ont généralisé des solutions.

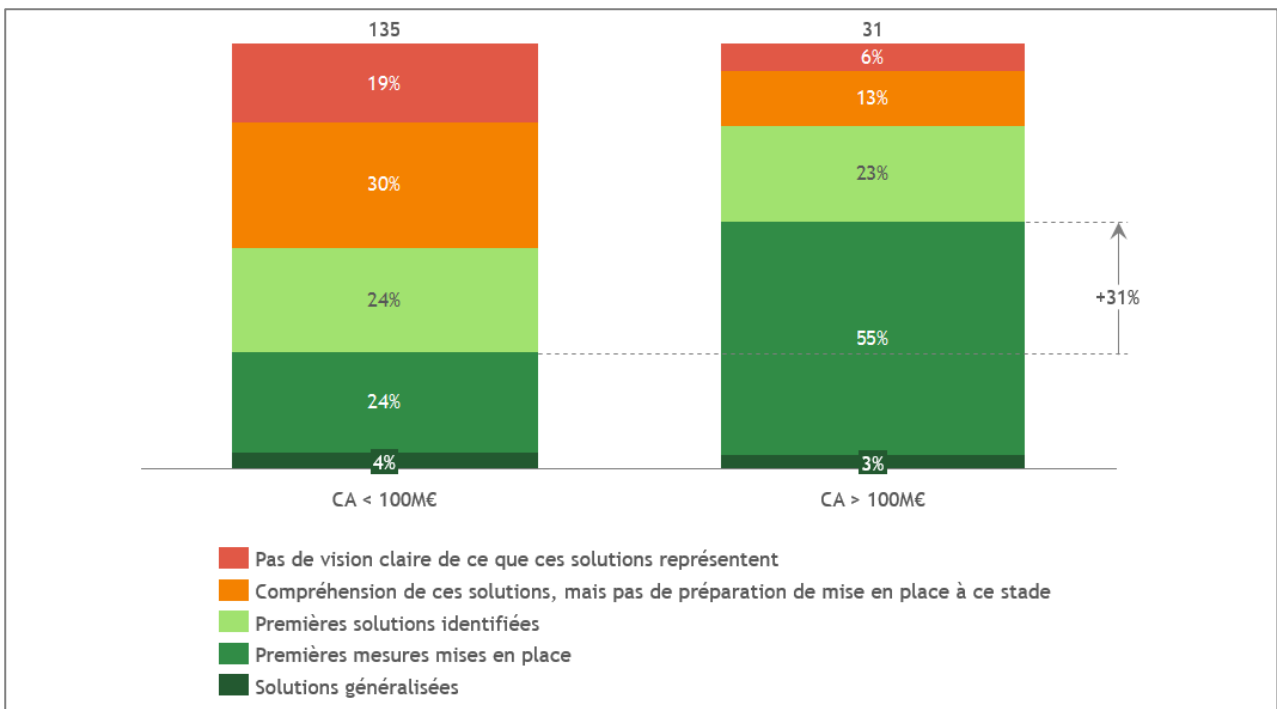


Figure 39 : Niveau d'avancement dans le déploiement des solutions Industrie du Futur selon la taille de l'entreprise (source : consultation en ligne)

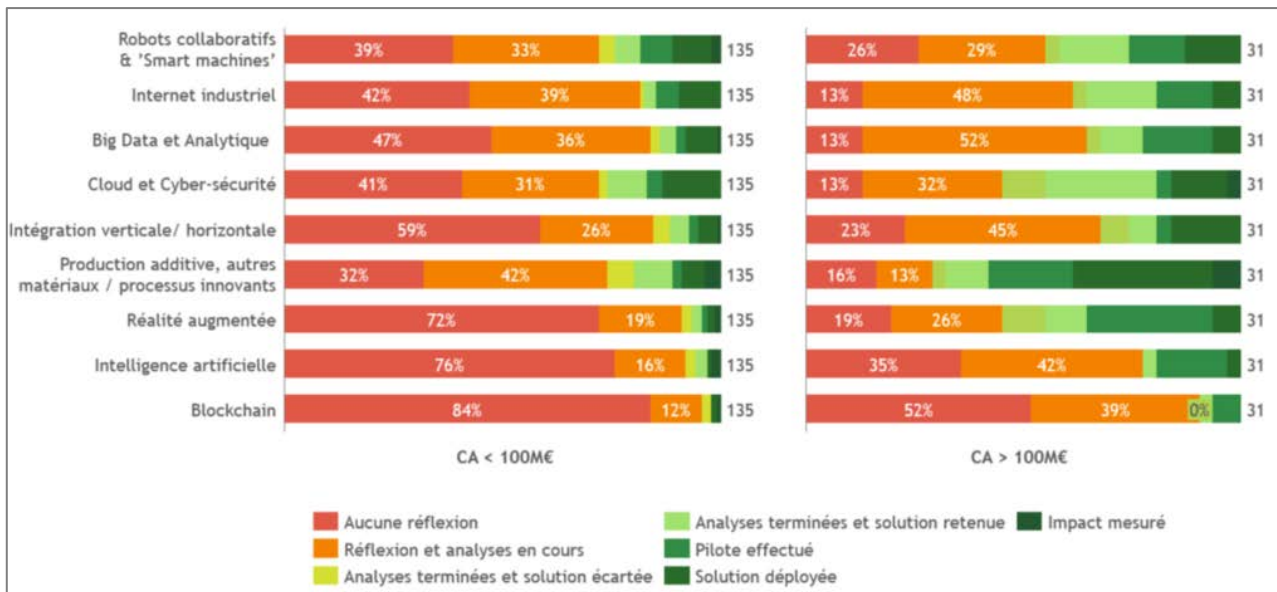


Figure 40 : Niveau de déploiement par solution selon la taille de l'entreprise (source : consultation en ligne)

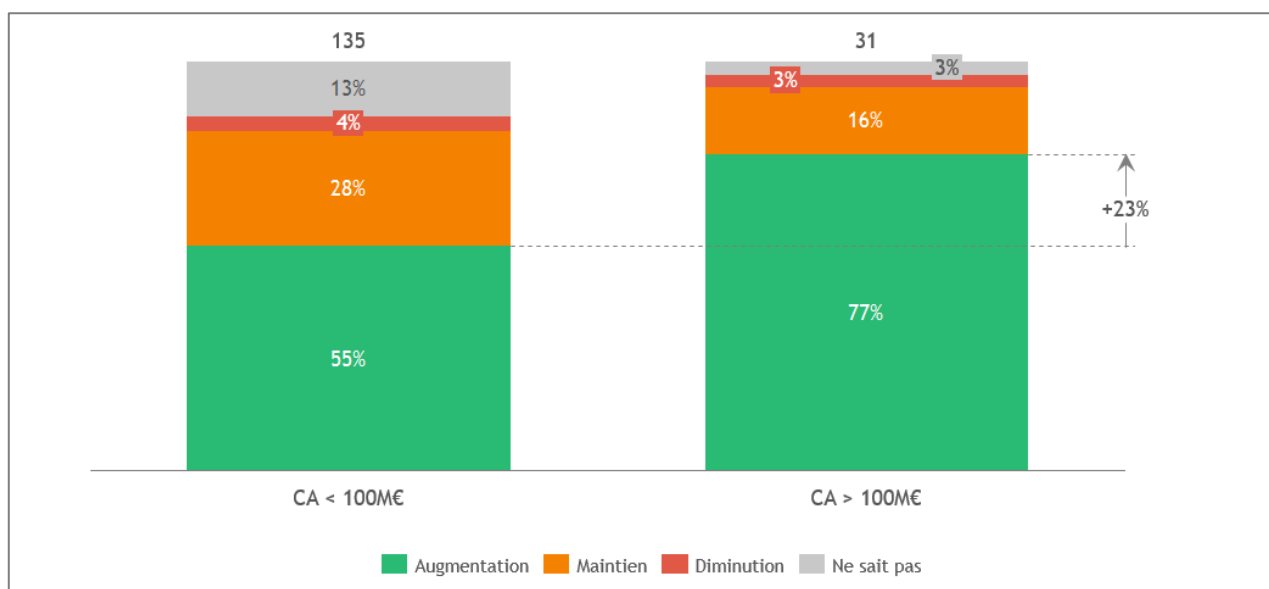


Figure 41 : Évolution de la part d'investissement consacrée à l'Industrie du Futur en 2018 par rapport à 2017

Pour autant, cette vision d'ensemble ne doit pas masquer un petit nombre de petites entreprises beaucoup plus avancées, par exemple des entreprises positionnées sur des métiers proches du digital comme l'électronique et le logiciel, ou bien des entreprises récemment fondées (ou refondées) et s'étant équipées dès le début de moyens Industrie du Futur, à l'instar d'une entreprise comme JBP Système. Ces structures collaborent souvent étroitement avec les OEM ou les grands fournisseurs de rang 1, et bénéficient de compétences en interne avec des collaborateurs « digital native »⁶³. Leur profil de maturité est plus proche de celui des grandes structures décrit précédemment.

Peu de solutions déployées à l'échelle de la filière

Comme évoqué dans le volet 2 de l'étude, les solutions d'échanges de données entre entreprises sont particulièrement pertinentes pour la filière aéronautique, compte tenu des spécificités de la filière (notamment l'exigence de traçabilité des pièces et la nécessité de collaborer pour la conception de nouveaux produits). Pour autant, peu de solutions transverses sont actuellement déployées à l'échelle de la filière. La solution AirSupply, assurant l'échange de données de gestion, est la principale d'entre elles ; son déploiement ne couvre toutefois pas l'ensemble de la filière. Les autres cas d'usage prometteurs ne font pas l'objet, pour l'heure, d'une solution commune à la filière et déployée massivement.

Par ailleurs, les donneurs d'ordres – qui pourraient porter des projets d'échanges de données auprès de leurs fournisseurs – sont souvent concentrés sur leur transformation digitale interne, et ont peu priorisé jusqu'ici la mise en place de telles solutions.

⁶³ D'une génération née avec les outils numériques.

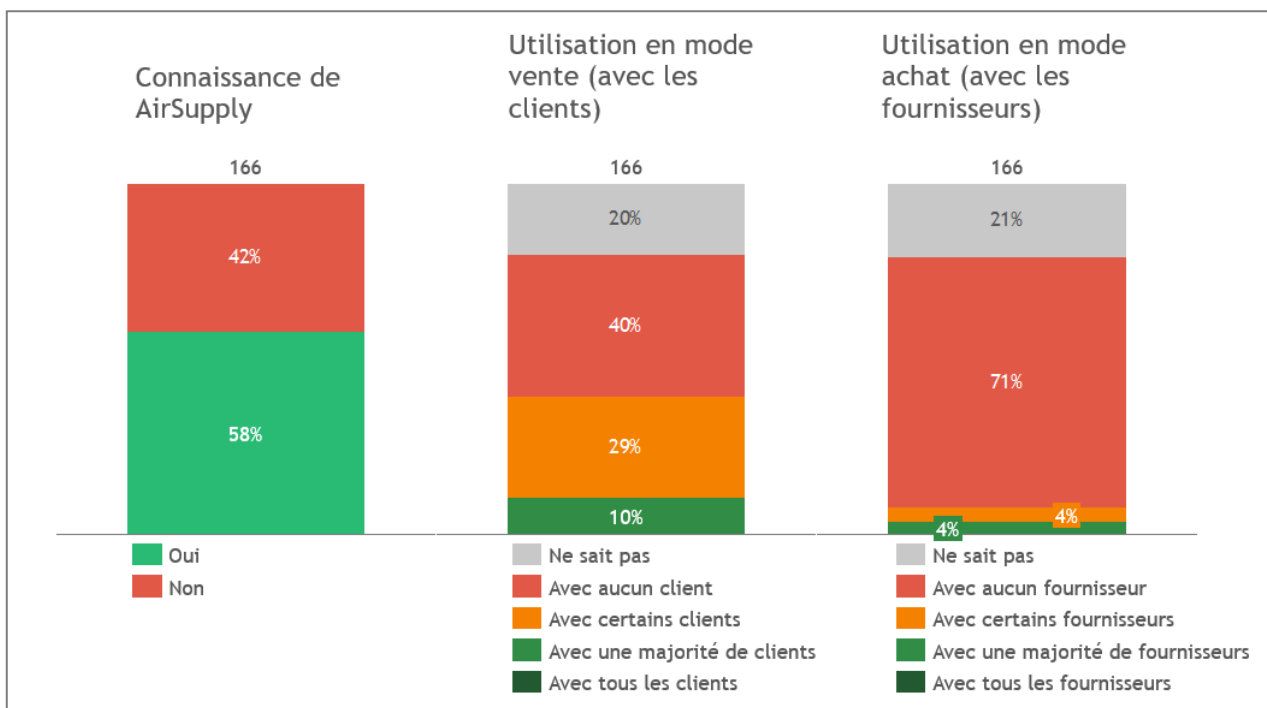


Figure 42 : Niveau de déploiement de la solution AirSupply (source : consultation en ligne)

Méthodologie : consultation de la filière aéronautique sur l'Industrie du Futur

Pour étayer l'étude et compléter les plus de 50 entretiens qualitatifs menés, une consultation a été menée auprès des entreprises de la filière en janvier et février 2018.

Compte tenu de la méthodologie employée, les résultats n'ont pas vocation à fournir une vision précise de l'état de déploiement de l'Industrie du Futur dans la filière. Ils doivent être considérés avec précaution et ne sont mobilisés ici que pour estimer un ordre de grandeur.

Cette consultation en ligne a été diffusée auprès de 878 entreprises aéronautiques par le GIFAS et les clusters aéronautiques régionaux. 166 entreprises ont répondu, dont 135 de moins de 100 M€ de chiffre d'affaires. Ils couvrent l'ensemble des métiers de l'aéronautique.

Le questionnaire comportait trente questions au travers de cinq sections :

0. *Définition de l'Industrie du Futur* : introduction, sans question, visant à clarifier le terme d'Industrie du Futur auprès de la personne interrogée en présentant les technologies et principaux cas d'usage envisagés (cf. volet 2)
1. *Caractériser l'entreprise* : 14 questions pour cerner la dimension, le métier, le type de clients, la performance et la politique d'investissement de l'entreprise
2. *Comprendre quelles solutions ont été déployées* : sept questions pour établir un diagnostic du déploiement actuel des solutions Industrie du Futur dans l'entreprise
3. *Estimer l'impact du déploiement de ces solutions* : six questions pour mesurer l'impact des solutions déployées en termes de performance (qualité, livraison à l'heure (« OTD »), temps de cycle de production, coûts, revenus) et d'investissements (« CAPEX »)
4. *Décrire les défis rencontrés et les supports nécessaires* : deux questions pour évoquer les freins rencontrés lors du déploiement et de quels types d'aides les entreprises auraient besoin en priorité pour l'accélérer

Le questionnaire de la consultation, les caractéristiques complètes des personnes interrogées ainsi que l'ensemble des résultats sont fournis en annexe de ce rapport, et les principaux enseignements sont reproduits ci-dessous.

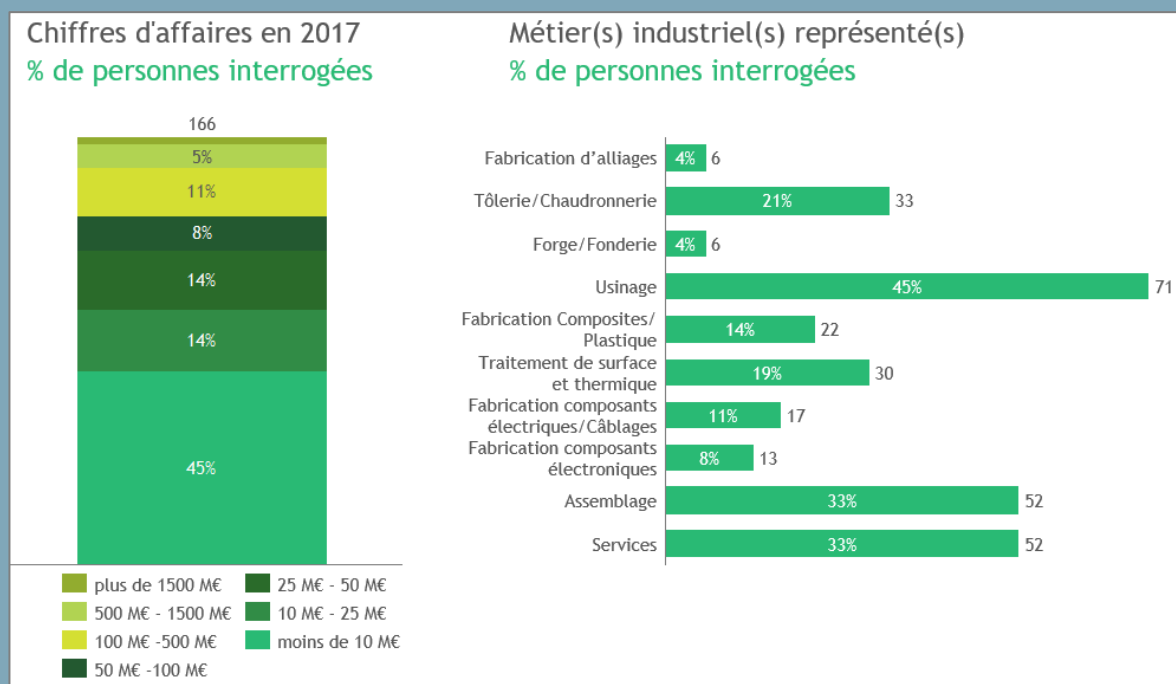


Figure 43 : Profil des entreprises ayant répondu à la consultation

Un déploiement bridé par des freins substantiels

Le faible avancement du déploiement des solutions à ce jour s'explique par les freins auxquels la filière est confrontée, pour la mise en œuvre de solutions dans chaque entreprise et pour celle des solutions transverses.

Des freins à chaque étape du parcours de transformation de l'entreprise (CP-AG)

Étape Compréhension (freins rencontrés en particulier par les PME)

Méconnaissance et doute sur les solutions. Les entreprises de la filière, et en particulier les PME, connaissent souvent imparfaitement l'ensemble des solutions Industrie du Futur, notamment les solutions autour de l'usage de la donnée (ex. : intégration verticale et horizontale). Même lorsque les concepts sont connus, les entreprises expriment souvent des doutes sur la faisabilité des cas d'usage envisagés et leur accessibilité : à quel coût et à quelles conditions la mise en œuvre est-elle possible. Les solutions Industrie du Futur sont souvent considérées comme complexes, coûteuses et inaccessibles aux PME. Le retour sur investissement suscite également des interrogations, d'autant plus que la principale source d'information pour les PME est souvent le fournisseur de solutions, perçu comme juge et partie.

Manque de visibilité et de capacité d'endettement pour envisager des investissements. De nombreuses PME de la filière se caractérisent par un faible niveau de capitaux propres, du fait d'une structure actionnariale familiale fermée, ce qui limite leur capacité d'endettement. De plus, même lorsque les donneurs d'ordres ont une visibilité à moyen terme sur l'activité à venir, cette visibilité a tendance à se détériorer au fur et à mesure que

les commandes sont répercutées vers les fournisseurs de rang 2 et plus. Cette visibilité limitée restreint la capacité de ces fournisseurs à investir dans la durée. Ainsi, un certain nombre de PME ne se trouvent pas en situation d'envisager des investissements significatifs : dès lors, elles vont consacrer peu de temps et d'effort à la compréhension de nouvelles solutions technologiques et de leurs impacts.

Culture du changement limitée. Le succès de la filière au cours des dernières décennies a soutenu la prospérité d'un grand nombre de ses entreprises sans nécessiter de remise en cause profonde. Par rapport à d'autres secteurs soumis de longue date à une pression plus forte, comme l'automobile, l'exigence de changement et d'amélioration rapide de la performance est une évolution plus récente dans l'aéronautique. Toutes les entreprises ne partagent donc pas le réflexe de remettre en question leurs processus industriels et leurs technologies, et d'envisager une transformation profonde de leur entreprise.

Manque de prise de conscience de l'urgence. La plupart des entreprises n'ont pas pris conscience de l'urgence à trouver une rupture de compétitivité dans le contexte actuel. En effet, les entreprises ont pendant de nombreuses années été habituées à améliorer leur performance de manière incrémentale sans envisager de solutions de rupture. Aujourd'hui le contexte de carnet de commandes rempli à plusieurs années ne laisse pas présager des bouleversements auxquels pourrait être confrontée la chaîne d'approvisionnement en cas de non-réaction, comme un choix massif de fournisseurs situés à l'étranger pour la prochaine génération d'avions commerciaux ou militaires.

Peu d'exemplarité chez les donneurs d'ordres. Même les donneurs d'ordres n'ont à l'heure actuelle pas généralisé le déploiement des solutions Industrie du Futur. Faute d'un effort d'exemplarité et d'accompagnement de leur part, leurs PME sous-traitantes n'ont donc pas de modèle évident auquel se référer pour comprendre la pertinence des solutions pour la filière et l'approche à adopter pour les déployer. Ceci entretient également le doute sur le potentiel de ces solutions.

Étape Préparation (freins rencontrés en particulier par les PME)

Manque de méthodologie pour identifier les solutions et bâtir une feuille de route. L'adoption des solutions Industrie du Futur est une démarche sans précédent, pour laquelle les entreprises ne disposent pas en interne de méthodologie à laquelle se référer. Une méthodologie est nécessaire pour identifier les solutions prioritaires, en déterminer le retour sur investissement, et bâtir une feuille de route de façon efficace et rigoureuse.

Difficultés à identifier et choisir les fournisseurs de solutions. Même une fois les solutions identifiées et la feuille de route définie, la sélection d'un fournisseur de solutions est une étape difficile pour les entreprises. Un grand nombre de fournisseurs existent pour la plupart des solutions technologiques, et les entreprises ne disposent pas d'un cadre de référence fiable pour les comparer, en comprendre les spécificités et juger de leur pertinence.

Anticipation du manque de ressources (humaines, financières). Un frein essentiel à la définition d'une feuille de route viable est l'anticipation d'un manque de ressources pour déployer les solutions lors des étapes Activation et Généralisation (voir ci-dessous).

Étape Activation

Manque de compétences pour démarrer l'exécution. Le lancement d'un pilote requiert des compétences techniques spécifiques qui n'existent pas toujours au sein des entreprises, par exemple autour de la mise en place de systèmes d'information et d'automatismes. Même en faisant appel à des ressources externes, de tels profils peuvent être difficiles ou coûteux à identifier et mobiliser. Le démarrage du déploiement nécessite également des compétences en gestion de projets, qui sont souvent mobilisées sur d'autres priorités et difficiles à libérer, en particulier dans les plus petites structures.

Difficultés pour interconnecter les solutions et sécuriser les données. Un problème fréquemment mis en avant par les industriels de la filière concerne la gestion des données à organiser autour des solutions mises en œuvre – qu'il s'agisse des données requises pour tirer parti des cas d'usage déployés (ex. : contrôle qualité assisté par la réalité augmentée) ou des données produites par les nouvelles solutions (ex. : traçabilité des pièces *via* puces RFID). Les limites des infrastructures en place peuvent restreindre ces interconnexions, ce qui bride l'impact des solutions. Avec le développement des échanges de données, les questions de cybersécurité prennent également une importance croissante et peuvent freiner le déploiement des nouveaux cas d'usage lorsque les entreprises n'ont pas de solution fiable pour les sécuriser.

Difficulté à mesurer les impacts des pilotes. Pour tirer parti d'un pilote, il est important d'en mesurer rigoureusement les impacts, afin de comparer les résultats de différentes approches mises en œuvre, d'ajuster la

feuille de route si nécessaire et d'anticiper les gains totaux lors de la généralisation. Il peut s'agir de gains de performance industrielle (ex. : taux de livraison à temps), de coûts ou encore de qualité. Or les entreprises rencontrent généralement des difficultés à isoler les variations dues aux solutions déployées et à les mesurer avec précision. C'est particulièrement vrai pour la filière aéronautique qui travaille avec des séries relativement limitées – il est plus simple de détecter des variations significatives sur des centaines de pièces produites que sur quelques unités.

Étape Généralisation (freins rencontrés en particulier par les grandes entreprises)

Difficulté à bâtir des architectures informatiques intersites robustes et sécurisées. Les difficultés à interconnecter les solutions et sécuriser les données décrites pour l'étape Activation se posent à plus forte raison encore à l'étape Généralisation. En effet, le passage à l'échelle implique des connexions avec un plus grand nombre de systèmes existants, surtout dans le cas d'une entreprise étendue sur un grand nombre de sites. Étant donné le contexte de consolidation que vit la filière aéronautique, un nombre croissant d'entreprises sont issues de rapprochements d'entreprises distinctes, qui disposaient d'architectures informatiques différentes. Ceci rend la construction d'une architecture commune d'autant plus complexe.

Manque de financement. C'est à l'étape de Généralisation que la majorité de l'effort financier requis est en général consenti (qu'il s'agisse des investissements proprement dits ou des coûts de déploiement associés). Même lorsque des budgets ont été débloqués pour piloter des solutions et que leur retour sur investissement est éprouvé, le financement du passage à grande échelle est souvent difficile, en particulier lorsque le périmètre de déploiement est très vaste (s'il couvre par exemple un grand nombre de sites, comme c'est souvent le cas chez les donneurs d'ordres ou les grands fournisseurs de rang 1).

Manque de compétences techniques. De même que l'étape Activation, la généralisation du déploiement nécessite certaines compétences techniques spécifiques. Les entreprises de la filière ont souvent des difficultés à identifier et conserver les profils d'intégrateurs, d'automatiseurs et de programmeurs (informatique industrielle) en particulier. Les compétences associées sont pointues et doivent être constamment renouvelées avec l'évolution des technologies ; elles sont également très demandées sur le marché.

Résistance au changement. À l'étape du pilote, les solutions sont déployées sur un périmètre restreint, souvent choisi notamment pour la capacité ou l'ouverture au changement des équipes concernées. Les sujets de résistance au changement sont donc rarement un frein substantiel. À l'étape de généralisation en revanche, ce sont les modes de travail de l'ensemble de l'entreprise qui peuvent être profondément transformés, comme évoqué dans le volet 2 de l'étude. De telles transformations sont difficiles à opérer pour certains collaborateurs et font fréquemment l'objet d'une résistance. Surmonter ces résistances par l'accompagnement est un défi pour l'ensemble des entreprises concernées et requiert des capacités managériales spécifiques.

Des spécificités de la filière aéronautique qui entraînent des freins à la mise en œuvre de solutions transverses

Au-delà des freins identifiés au sein des entreprises, il existe des freins au déploiement des solutions transverses qui sont associés au mode d'organisation de la filière.

Manque de concertation autour de la conception de solutions transverses. Le besoin de mettre en œuvre des solutions transverses est un constat largement partagé parmi les donneurs d'ordres et les grands fournisseurs de rang 1. Cependant, au-delà des initiatives portées par Boost Aerospace (en particulier AirSupply/AirConnect, AirCyber), de nombreuses initiatives sont menées par les grandes entreprises sur des sujets qui pourraient bénéficier d'une coordination entre eux. Ainsi, plusieurs grands acteurs (OEM et rang 1) travaillent actuellement sur des solutions de tour de contrôle, de traçabilité et de *Blockchain*. Sans concertation, ces projets pourraient mener à la définition de différents standards concurrents que chacun de ces donneurs d'ordres proposerait à ses fournisseurs. Comme un grand nombre de fournisseurs travaillent avec plusieurs de ces donneurs d'ordres, ils risquent de devoir mettre en œuvre plusieurs solutions d'échanges de données en parallèle, ce qui augmenterait significativement les coûts associés à leur déploiement et limiterait les gains attendus. Dans ces conditions, la part des fournisseurs décidés à mettre en œuvre l'ensemble des solutions d'échanges de données serait certainement plus faible que si les donneurs d'ordres proposaient une solution commune.

Difficultés à établir des normes communes. La construction de solutions transverses communes à la filière requiert la définition de normes communes. Or cet effort d'alignement prend beaucoup de temps : ainsi, plusieurs années ont été nécessaires pour établir les normes de la solution AirSupply. La complexité et les délais

associés à ce travail normatif constituent un frein à la création de solutions communes et contribuent à expliquer pourquoi les donneurs d'ordres développent leurs propres projets.

Nécessité de raisonner à l'échelle internationale dans la mise en œuvre des solutions transverses. Les solutions d'échanges de données transverses ne peuvent être mises en œuvre dans un cadre limité à la France, ce qui accroît encore les difficultés liées à leur construction. En effet, les grands donneurs d'ordres ont des chaînes d'approvisionnement mondiales et ils doivent pouvoir communiquer facilement avec leurs fournisseurs étrangers ; de même, les fournisseurs s'adressent de plus en plus à des clients étrangers. Des solutions efficaces doivent tenir compte de standards internationaux pour permettre des échanges de données avec des entreprises étrangères.

Collaboration limitée entre petits fournisseurs et donneurs d'ordres. Les relations entre les petits fournisseurs et les donneurs d'ordres sont souvent dominées par les aspects contractuels et transactionnels, avec des aspects collaboratifs limités. Les fournisseurs manquent d'interlocuteurs, hors des services achats, pour aborder avec les donneurs d'ordres les obstacles qu'ils rencontrent pour adopter les solutions Industrie du Futur et d'éventuels leviers pour les surmonter. Ainsi, les contraintes associées à la certification (cf. volet 1) constituent un frein dans la mesure où elles rendent complexe tout changement dans le mode de production. Cependant, les petits fournisseurs rapportent souvent qu'il est difficile pour eux de faire entendre ces considérations auprès de leurs donneurs d'ordres. De même, les conditions contractuelles en vigueur sont peu propices à la mise en œuvre d'un plan de transformation à moyen terme : lorsque l'on remonte la chaîne de valeur, les relations ne sont pas toujours contractualisées et la visibilité sur les commandes peut être réduite à quelques mois, ce qui ne favorise pas l'investissement et le recrutement.

Inquiétudes concernant la propriété intellectuelle et les cyberrisques. Les inquiétudes liées à la propriété intellectuelle constituent un frein majeur à l'adoption de solutions d'échanges de données avec les autres entreprises de la filière. En cas d'échanges de données massifs et transparents, les fournisseurs s'interrogent en effet sur leur capacité à maintenir leur valeur ajoutée et donc à subsister : leurs propres clients pourraient à terme les remplacer s'ils disposent de l'ensemble des données qui caractérisent leur savoir-faire (par exemple le paramétrage de l'outil de production). Sur le plan de la cybersécurité, l'extension des échanges de données accroît également les risques : les petits fournisseurs pourraient en particulier émerger comme des points de vulnérabilité d'une chaîne très intégrée. Face à cette appréhension, de nombreuses entreprises hésitent à s'engager pour accroître leurs échanges de données au sein de la filière.

Pour surmonter ces freins, la filière peut s'appuyer sur sa tradition de travail collectif et sur des dispositifs existants

L'ampleur limitée du déploiement et l'importance des freins identifiés ne doit pas laisser croire qu'aucun dispositif d'appui n'existe aujourd'hui. Dans sa stratégie de déploiement (développée dans le volet 4), la filière pourra au contraire s'appuyer sur un certain nombre de dispositifs existants concernant l'Industrie du Futur et l'appui aux entreprises de l'aéronautique.



Ces dispositifs existants peuvent être segmentés de différentes façons :

- Des initiatives ont pu être lancées au niveau national (par exemple les initiatives portées par le GIFAS, l'alliance Industrie du Futur, la French Fab ou Bpifrance), au niveau d'un réseau de structures locales (par exemple *via* les réseaux des chambres de commerce et de l'industrie [CCI], du CEA ou du Centre technique des industries mécaniques [Cetim]) ou au niveau d'une seule localité (par exemple portées par une région).
- Les initiatives peuvent concerner l'ensemble des filières (comme la *French Fab*) ou bien une filière en particulier (comme l'aéronautique ou l'automobile). Cependant, il faut bien noter que des initiatives de filières adjacentes à l'aéronautique (notamment le naval, l'automobile, les matériaux, la mécanique ou l'informatique) peuvent se révéler très pertinentes pour certains acteurs de l'aéronautique qui peuvent y trouver de bonnes pratiques ou des appuis.
- Les initiatives et les acteurs associés peuvent être segmentés suivant le type d'aide qu'ils apportent : il peut s'agir de financement (ex. : Union européenne, État, régions), de formation (ex. : campus des métiers et des qualifications), d'aide technologique (ex. : CEA, Cetim, Symop) ou de sensibilisation et d'accompagnement (ex. : Bpifrance, CCI, Space, les différents pôles ou *clusters* de l'aéronautique).



Figure 44 : Cartographie d'acteurs clés (non exhaustive) de la transformation suivant le type d'aide apportée

Exemples d'initiatives menées par le GIFAS⁶⁴

Programme	Supports	Nature de l'aide	Chiffres clés
Performance Industrielle 	Space - GIFAS - Bpifrance	Mise à disposition de consultants pour déployer des méthodes Lean et améliorer la maturité industrielle des TPE/PME/ETI, la performance industrielle et les relations entre donneurs d'ordres et fournisseurs Fonctionnement par grappes	Phase 1 (2014-2016) : 400 TPE/PME/ETI (48% de TPE, 32 % de PME, 20 % de ETI, 69 grappes, 23 M€ de budget (50 % État, 25 % GIFAS, 25 % entreprises participantes) Phase 2 (2017-2020) : 325 TPE/PME/ETI, dont 50 % de nouvelles, 18 M€ de budget
Programme CORAC (Conseil pour la recherche aéronautique civile) 	GIFAS	Concertation et alignement des activités de recherches et technologies pour les futures générations d'avions à horizon moyen terme (5-10 ans) avec pour objectif de passer du TRL 2-3 à 6-7. Inclut un projet usine aéronautique du Futur qui travaille notamment sur les technologies d'ALM	Nécessite un soutien des pouvoirs publics de 150 M€ par an, en complément des investissements réalisés par les industriels en autofinancement

⁶⁴ Source : <https://www.gifas.asso.fr/fr/>; <https://www.entreprises.gouv.fr/conseil-national-industrie/la-filiere-aeronautique> ; <https://www.bpifrance.fr/>

**Ambition
PME-ETI**



GIFAS - Bpifrance

Financement et accompagnement pour la croissance (déclinaison du programme national « accélérateur PME »)






Mise à disposition de consultants pour diagnostics, formations et mises en relations avec des tiers ; afin de construire une feuille de route stratégique (inclus digitale, RH et/ou internationale) en 18 mois

Cible : 100-150 grandes PME du GIFAS en recherche de croissance









Première promotion du programme 100 % aéronautique lancé en 2017 (60 entreprises)


Préparation de la seconde promotion de 30 entreprises

Exemples d'initiatives publiques nationales⁶⁵

Programme	Supports	Nature de l'aide	Chiffres clés
<p>Aide à l'innovation</p>  	Bpifrance - DGAC	<p>Financement pour se positionner sur les grands programmes aéronautiques</p> <p>Avances récupérables en cas de succès, plafonnées à 35 % des dépenses éligibles</p> <p>Remboursement soumis à actualisation ainsi qu'à redevances complémentaires si le succès dépasse fortement les prévisions</p>	<p>2011-2016 pour l'aéronautique : 75 M€ alloués essentiellement à des ETI (car besoin de 5 M€ de budget R & T pour être éligible et nécessité de supporter le risque industriel, commercial et de change)</p> <p><i>Tous secteurs : 507 M€ alloués sous forme d'aides individuelles à l'innovation en 2016 et 431 M€ sous forme de projets R & D collaboratifs</i></p>
<p>Prêts Bpifrance</p>  	Bpifrance	<p>Financement pour faire face aux nouvelles conditions du marché (notamment faire face à la montée en cadence)</p> <p>Prêts PIAVE (Projets Industriels d'avenir) thématiques « usine du futur » ou prêts robotique/numérique pour l'automatisation et la digitalisation des processus</p>	<p>En 2016 pour l'aéronautique : 13 M€ de prêts pour le besoin en fonds de roulement (BFR), 22 M€ pour la digitalisation, 9 M€ pour l'évolution des procédés</p> <p><i>Tous secteurs : 600 M€ de prêts via la gamme Industrie du Futur estimés pour 2017</i></p>
<p>Fonds Propres</p> 	Bpifrance	<p>Participation à la consolidation de la filière (taille critique des 100 M€ de chiffre d'affaires)</p> <p>Investissement dans le capital de certaines sociétés pour les aider à croître</p>	Non communiqué
<p>Fonds d'investissement "Definvest"</p>	Bpifrance - DGA	Sécurisation du capital d'entreprises d'intérêt stratégique pour soutenir le développement, l'innovation et consolider la filière	<p>Lancé en novembre 2017</p> <p>Doté initialement de 50 M€</p> <p>1^{re} étape : accompagnement de 20-30 sociétés</p>

⁶⁵ Source : <https://www.bpifrance.fr/> ; https://www.ixarm.com/IMG/pdf/Cahier_des_charges_RAPID_2015.pdf ; <http://www.industrie-dufutur.org/> ; <http://usineextraordinaire.com/> ; www.robotstartpme.fr/ ; <https://www.lafrenchfab.fr/> ; <https://les-aides.fr/> ; <http://www.cetim.fr/Actualites/En-France/A-la-une/Une-boite-a-outils-de-l-industrie-du-futur-!>

		Régime d'Appui pour l'Innovation Duale (RAPID)	DGA, DGE Subvention R & D (jusqu'à 80 % des coûts d'un projet) pour des PME et ETI innovantes pour des projets présentant des applications militaires et civiles	Lancé en 2009 Budget annuel de 50 M€
	Robot Start PME		Symop, Cetim, CEA List Programme de soutien aux PME primo-accédantes à la robotisation en offrant un financement de 10 % de l'investissement et un programme d'accompagnement	Programme ayant eu lieu entre 2013 et 2017 250 PME bénéficiaires
Comités Stratégiques de Filière		Conseil national de l'industrie, ministère de l'Économie	Comités correspondant chacun à une filière stratégique de l'industrie française, qui ont pour mission d'identifier de façon convergente, dans des « contrats de filière », les enjeux clés de la filière et les engagements réciproques de l'État et des industriels, d'émettre des propositions d'actions concrètes et de suivre leur mise en œuvre	dix Comités stratégiques relancés fin 2017 sous l'impulsion du ministère de l'Économie devant remettre leur contrat de filière mi-2018
Le parcours de la French Fab		<i>French Fab</i>	Référencement sur le site de tous les dispositifs en place (opérés par AIF, CCI, Bpifrance, CTI, CNI...) suivant un parcours en quatre étapes : 1/ je découvre le potentiel de ma transformation, 2/ j'anticipe ma transformation, 3/ j'opère ma transformation, 4/ j'ai réussi ma transformation et consolide ma croissance	Lancé en janvier 2018
Programme Alliance Industrie du Futur		Direction générale des entreprises + 34 membres actifs	Référencement de technologies et fournisseurs de solution, mise en place de label et vitrines Industrie du Futur, animation de champions locaux, rédaction de fiches métiers, stratégie française de normalisation, visibilité à l'export	Programme initié en 2015 Référencement de ~100 briques Industrie du Futur Accompagnement d'entreprises dans l'appel à projet du PIA2 Industrie du Futur de 100 M€ 35 entreprises vitrines labellisées Plus de 4 000 PMI accompagnées par des initiatives régionales et locales
L'Usine extraordinaire		<i>French Fab</i>	Projet de mise en place d'une usine éphémère au Grand Palais de Paris avec pour objectifs de faire découvrir au grand public une usine grandeur nature, valoriser les innovations des industriels, rendre plus attractifs les métiers de l'industrie et faire découvrir la richesse des territoires	Événement du 22 au 25 novembre 2018

Référencement les-aides.fr	CCI de France, Semaphore	Référencement en matière d'information sur les aides et les soutiens publics aux entreprises en couvrant tous les besoins de l'entreprise (création, reprise ou cession, innovation, international, emploi, formation, développement durable, implantation)	Gestion de la base de données spécialisée depuis plus de 20 ans et présence sur Internet depuis plus de 10 ans
			
Industrie du Futur – des outils à votre disposition	Cetim, AIF	Mise en place d'une boîte à outils sur le site internet du Cetim qui regroupe l'ensemble des outils destinés à aider les PME pour découvrir et accéder à l'Industrie du Futur ; y c. le « guide usine du futur » par la FIM, les vidéos sur les technologies développées par le Cetim et des liens vers les applications « Brick4future et Use-cases » de l'AIF	Mis en place en mai 2017
			

Exemples d'initiatives européennes⁶⁶

Programme	Supports	Nature de l'aide	Chiffres clés
Plan pour la numérisation de l'industrie européenne 	Commission européenne	Mise en place d'un programme coordonné pour le déploiement de l'Industrie du Futur dans les entreprises de l'Union européenne, avec notamment les actions suivantes : gouvernance centrale, développement d'un <i>cloud</i> européen, lancement d'un fonds de financement <i>via</i> l'invest, financement d'un réseau de « plateforme d'innovation numérique » pour se former et tester	Lancé le 19 avril 2016 Objectifs de mobiliser plus de 50 milliards d'euros d'investissements publics et privés Première levée de fonds de 300 M€ (financé par l'UE et par des institutionnels) pour l'invest en 2017
Programme cadre pour l'innovation Horizon 2020 	Commission européenne	Soutien des projets tout au long de la chaîne de l'innovation et rationalisation des financements en faveur de la croissance, y c. programmes pour les technologies industrielles du futur (FET) et pour l'innovation dans les PME (EUROSTARS)	Programme de 2014 à 2020 16 pays Au total, 15 550 contrats ont été signés (au 30 septembre 2017) et plus de 28 Md€ de subventions allouées (10 % en France) FET : 880 M€ ; EUROSTARS : 120 M€
Coopération syndicats professionnels du numérique	Syntec (français) et Ametic (espagnol)	Focus sur l'Industrie du Futur : échanges de bonnes pratiques, capacité d'influencer le cadre réglementaire et maximisation des opportunités offertes aux adhérents	Lancé en Janvier 2018

⁶⁶ Source : http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-1407_fr.htm ; <https://www.lesechos.fr/industrie-services/industrie-lourde/030634535550-leurope-veut-doper-le-credit-a-lindustrie-40-2118722.php> ; <https://www.usinenouvelle.com/editorial/vers-une-industrie-du-futur-plus-europeenne.N648178> ; <http://www.horizon2020.gouv.fr/>



Grands donneurs d'ordres français, espagnols et allemands

Projets d'amélioration industrielle chez les fournisseurs en mutualisant les ressources des grands donneurs d'ordres

Lancé en 2007

Trois pays

200 membres associés

Plus de 2 100 personnes formées à date

Exemples d'initiatives publiques régionales⁶⁷

Programme	Supports	Nature de l'aide	Chiffres clefs
Usine du Futur Nouvelle-Aquitaine PME - ETI 	Région Nouvelle-Aquitaine – Union européenne	Mise à disposition de consultants pour des prédiagnostics individuels puis un accompagnement des plans de progrès dans le déploiement des solutions Industrie du Futur	Phase 1 (2014-2017) : 400 entreprises (PME/ETI), 42,5 M€ de subventions pour la moitié d'entre elles ; tous les secteurs représentés dont 40 entreprises de l'aéronautique Phase 2 (2018-) : appel à candidature en cours
Business Success Initiative 	Aerospace Valley (Occitanie, Nouvelle-Aquitaine)	Dispositif aidant les PME qui ont développé un produit innovant à les commercialiser	Chiffres 2016 : 265 k€ d'ouverture du capital, 20 k€ par PME, 400 k€ de budget, 1 157 k€ de subvention BPI, 25 PME accompagnées à aujourd'hui
Additive Factory Hub 	État, CEA, Cetim, Arts et Métiers, SystemX, Paris-Saclay, industriels (y c. Safran) (Ile-de-France)	Plateforme permettant à différents partenaires d'unir leurs expertises et leurs équipements les plus performants dans des projets sur la fabrication additive allant de la recherche amont jusqu'aux applications industrielles	Ouvert le 5 décembre 2017 40 M€ sur cinq ans 15 équipements de fabrication additive 15 organismes et sociétés partenaires 400 m ²
Usine du Futur de Bondoufle 	État, Faculté des métiers de l'Essonne, Safran, Fives, nombreuses PME	Centre de formation aux métiers de la production mécanique de demain ayant pour objectif de former des alternants et des salariés en formation continue aux nouvelles méthodes de production	Investissement de 10 M€ Ouverture en 2018 250/300 alternants répartis sur trois années de formation 300 personnes en formation continue ponctuelle chaque année 2 000 m ²

⁶⁷ Source : <https://www.nouvelle-aquitaine.fr/grands-projets/usine-futur.html> ; <http://www.bsi-experts.fr/> ; <http://www.cetim.fr/> ; <https://www.safran-group.com/fr/> ; <http://www.cci.fr/documents/10988/d5f7d1ba-0af6-432f-af43-8b86863bda81> ; <http://www.cea-tech.fr/cea-tech/Pages/en-regions/prtt-occitanie-pyrenees-mediterranee.aspx> ; <http://www.education.gouv.fr/cid101579/les-campus-des-metiers-et-des-qualifications-languedoc-roussillon-midi-pyrenees.htm> ; <http://www.critt-autom.com/>

<p>Innov'up Leader PIA</p> 	<p>État, région Île-de-France, Bpifrance</p>	<p>Appel à projets opéré par Bpifrance (via le PIA3) pour soutenir l'innovation des PME et ETI en Île-de-France, avec des montants entre 100 et 500 k€ par projet (2/3 de subvention, 1/3 d'avances récupérables)</p>	<p>Sept filières stratégiques concernées dont l'aéronautique Clôture du 1^{er} appel à projet le 1^{er} juin 2018 Enveloppe totale de 20 M€ de 2018 à 2020 (cofinancé par l'État et la région)</p>
<p>Scan Industrie du Futur</p> 	<p>CCI Grand Est</p>	<p>Outil conçu pour accompagner dans la transformation vers une entreprise connectée, compétitive, réactive et respectueuse de l'environnement ; incluant le diagnostic par un conseiller CCI durant 2 heures</p>	<p>Financement pris en charge par la CCI Lancé par la CCI Grand Est, transposition en cours aux autres CCI</p>
<p>Plateforme régionale de transfert technologique (PRTT) CEA Tech Occitanie</p> 	<p>CEA Tech, INSA Toulouse, région, contrats industriels</p>	<p>Point de contact pour réaliser des projets collaboratifs d'innovation entre industries et ingénieurs chercheurs sur des applications industrielles ; <i>showroom</i> de 80 m² présentant 40 démonstrateurs technologiques pour découvrir les nouvelles technologies et réaliser des prototypes</p>	<p>Ouverture en mars 2013 20 salariés en 2015 35 contrats industriels signés 350 rencontres avec des sociétés multisectorielles Financement : Conseil régional, Préfecture de région, Fonds FEDER, Contrats industriels</p>
<p>Campus des Métiers et qualifications Occitanie aéronautique</p> 	<p>État, région, UIMM, industriels</p>	<p>Mise en synergie des opérateurs de formation (lycées, centres de formations d'apprentis, universités, IUT, écoles d'ingénieur) et des industriels ; promotion des métiers industriels</p>	<p>Lancé en Février 2016 Financement : État (rectorat), régions</p>
<p>Centre régional d'innovation et de transfert de technologie (CRITT) – Robotique</p> 	<p>État, région, CCI (Occitanie)</p>	<p>Institut regroupant les petites structures industrielles et des acteurs de la recherche publique dans le domaine de la robotique, intégrant un programme d'intégration des technologies Industrie 4.0</p>	<p>Équipe de 11 ingénieurs et techniciens 37 robots installés</p>

D'autres grands pays industriels ont engagé une démarche volontariste pour stimuler l'adoption des solutions Industrie du Futur

Des initiatives sur l'Industrie du Futur sont également menées dans d'autres grands pays industriels, en particulier les pays industriels développés et forts dans l'aéronautique comme les États-Unis, l'Allemagne et le Royaume-Uni, mais aussi dans les pays industriels émergents comme l'Inde ou la Chine.

Concernant les pays développés, l'exercice de comparer scientifiquement l'écart de déploiement actuel est difficile. Il ressort cependant que l'ensemble de ces pays en sont plutôt à un stade préliminaire de déploiement et qu'aucun n'a creusé un écart substantiel. Tous emploient en revanche des approches très volontaristes pour stimuler l'adoption des solutions Industrie du Futur, et notamment pour leur filière aéronautique.

Il faut cependant souligner que les situations de départ et les approches diffèrent entre ces différents pays. En particulier, l'Allemagne dispose d'une histoire industrielle forte, de puissantes infrastructures et a été la première à lancer une politique structurée autour de plateformes « Industrie 4.0 » dès 2010 avec de vrais moyens mis en place. Aucun écart significatif n'a cependant été creusé avec la concurrence. Aux États-Unis, les efforts ont été concentrés dès 2011 sur le développement de cas d'application technologiques. La maturité d'ensemble du pays est très inégale avec des *leaders* mondiaux de l'industrie digitale mais aussi un degré d'adoption limité dans le tissu industriel des plus petites entreprises.

Au-delà de ces pays industriels développés, il est intéressant de voir que les pays émergents dans l'aéronautique comme l'Inde ou la Chine profitent de leur croissance industrielle pour adopter immédiatement ces technologies dans leurs moyens de production nouvellement construits. L'adoption de ces technologies de rupture dans ces pays (plusieurs cas sont déjà observés en Inde) pourrait leur permettre de rapidement compenser leur retard industriel (concept de *leapfrogging* en économie). De plus, la recherche sur les technologies Industrie du Futur progresse rapidement dans ces pays. Ainsi, la Chine s'affirme comme *leader* mondial de la recherche sur l'Intelligence artificielle avec près d'un tiers des publications mondiales en 2016⁶⁸.

Enfin, un cercle plus large de pays dont les industries fortes ne sont pas l'aéronautique soutient également l'industrie du futur dans son ensemble.

L'ensemble des initiatives observées à l'étranger sont menées dans des contextes nationaux spécifiques et n'ont pas vocation à être plaquées telles quelles dans le contexte français ; il est néanmoins important de les comprendre pour identifier celles qui pourraient être adaptées à profit pour la filière aéronautique française.

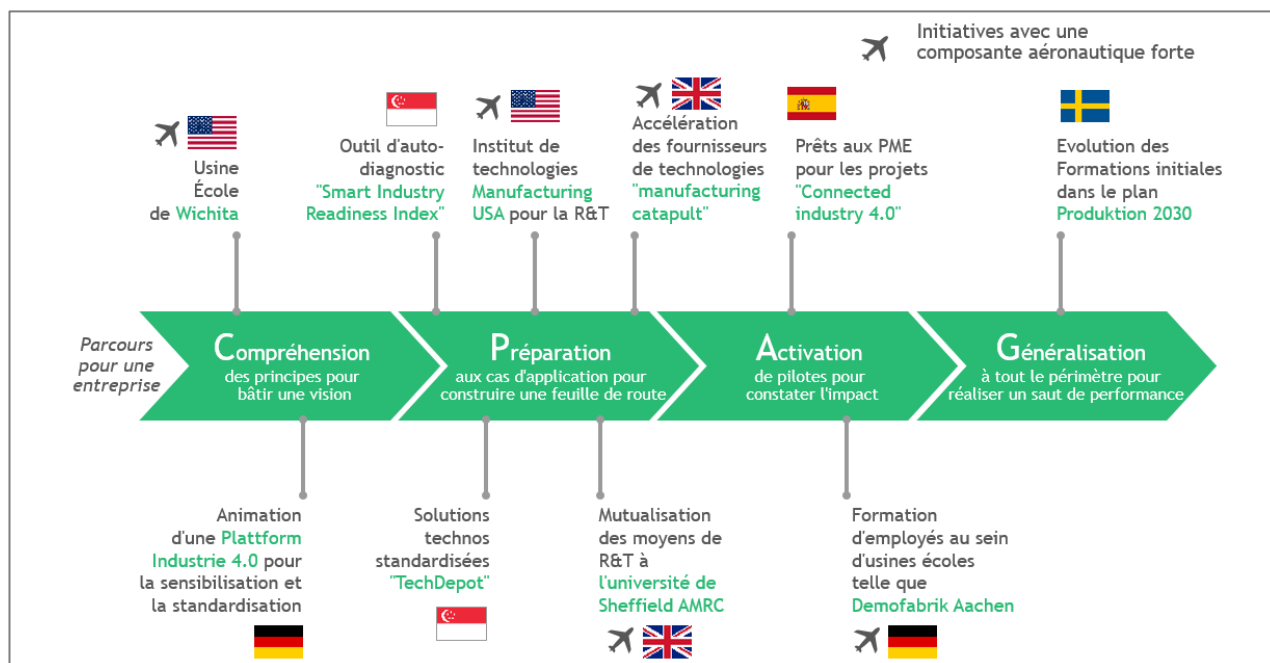




Figure 45 : Exemples d'initiatives Industrie du Futur à l'étranger suivant le parcours CP-AG.

⁶⁸ Source : Artificial Intelligence Index 2017, aaindex.org

Exemples d'initiatives Industrie du Futur avec une forte composante aéronautique aux États-Unis⁶⁹

Initiatives poussées par le Gouvernement. 14 instituts d'innovation *Manufacturing USA*, en partenariat public-privé, dédiés au développement de technologies spécifiques



Initiative	Détails
<p>Institut ARM (Advanced Robotics Manufacturing)</p> 	Institut centré sur les robots au sein duquel Lockheed Martin a développé des robots pouvant inspecter l'intérieur des ailes
<p>Institut DMDII (Digital Manufacturing and Design innovation)</p> 	Institut centré sur l'intégration digitale où Rolls Royce a développé une façon peu coûteuse d'accéder à de la simulation avancée

Partenariats industriels/universitaires. Écosystèmes développés par des universités avec des industriels et des fournisseurs de solutions pour sensibiliser, former et innover





Initiative	Détails
<p>Usine-école de Wichita</p> 	Usine-école à l'université de <i>Wichita</i> dédiée à la sensibilisation et la formation des entreprises, et présentant l plus grand CAVE de réalité virtuelle au monde
<p>Oregon Manufacturing Center</p> 	Oregon Manufacturing Innovation Center, développé par Boeing et des universités, afin de créer des solutions Industrie du Futur notamment pour les PME

Investissements industriels. Consortiums ou initiatives individuelles d'industriels dans le développement de solutions technologiques pour leurs filières

⁶⁹ Source : <https://www.manufacturingusa.com/> ; Wichita State University Innovation Center for Operations ; <http://www.oregon4biz.com/Oregon-Business/Industries/Advanced-Manufacturing/OMIC/>


Initiative	Détails
<p>Augmented Reality for Enterprise Alliance</p> 	<p><i>Augmented Reality for Enterprise Alliance</i> (AREA) développée par un consortium de plus de 30 industriels pour promouvoir et développer l'utilisation de réalité augmentée</p>
<p>Partenariat Boeing – Dassault pour piloter les sous-traitants</p> 	<p>Partenariat Boeing – Dassault Systèmes sur 30 ans afin de piloter tous les niveaux de sous-traitants et de fournisseurs et de contrôler tous les flux d'échanges</p>

Exemples d'initiatives Industrie du Futur avec une forte composante aéronautique en Allemagne⁷⁰

Initiative	Détails
<p>The New High-Tech Strategy</p> 	<p>« Stratégie High-Tech » menée par le ministère de l'Économie et visant à proposer une stratégie d'innovation globale entre secteurs (dont le secteur aéronautique), et notamment de financements R & T</p>
<p>Programme de financement R&T Aéronautique DLR</p> 	<p>Programme pluriannuel de financement R & T lancé par l'agence pour la R & T en aéronautique, avec l'Industrie 4.0 comme focus majeur</p>
<p>Plattform Industrie 4.0</p> 	<p><i>Initiative Plattform Industrie 4.0</i> visant à développer des écosystèmes régionaux sur la sensibilisation et la formation et à faciliter la standardisation des solutions (via des groupes de travail)</p>
<p>Supply Chain Excellence</p> 	<p>Approche <i>Supply Chain Excellence</i> visant à fédérer tous les acteurs de la chaîne de valeur aéronautique et à réunir toutes les initiatives (notamment digitales) pour en assurer la compétitivité</p>

⁷⁰ Source : <https://www.hightech-strategie.de/de/The-new-High-Tech-Strategy-390.php> ; <http://www.dlr.de/pt-lf/en/desktopdefault.aspx/tabid-8304> ; <http://www.german-aerospace.de/> ; <http://www.plattform-i40.de>

Exemples d'initiatives Industrie du Futur avec une forte composante aéronautique au Royaume-Uni⁷¹

Initiative	Détails
UK Aerospace R&T programme 	Financement public/privé sur des technologies stratégiques pour développer la Recherche et Technologie des grandes entreprises
Innovate UK 	Systèmes de concours et fonds de recherche ; en particulier, centres accélérateurs d'industrialisation des technologies (<i>high value manufacturing catapult</i>) pour soutenir en particulier les fournisseurs de technologie
Advanced Manufacturing Research Center 	Partenariat université de <i>Sheffield</i> & Boeing dans un centre de recherche permettant aux PME de mutualiser leurs efforts de développement

⁷¹ Source : Commission européenne, Mai 2017, *Key lessons from national industry 4.0 policy initiatives in Europe* ; <http://www.amrc.co.uk/pages/about>

VOLET 4 – LA FILIÈRE DOIT ADOPTER UN PLAN AMBITIEUX ET CONCERTÉ POUR PERMETTRE UNE TRANSFORMATION RAPIDE DE SES ENTREPRISES

L'adoption des technologies « Industrie du Futur » par la filière doit faire aujourd'hui l'objet d'un plan d'action concerté et ambitieux. L'objectif de cette partie consiste à :

- préciser les huit partis pris qui devraient guider l'ensemble de la démarche de transformation de la filière ;
- fixer l'ambition du plan d'action proposé, à horizon fin 2022 ;
- expliciter l'architecture générale de ce plan, c'est-à-dire préciser les principaux axes d'action et les actions qui les composent ;
- détailler chacune de ces actions sous la forme de « fiches-action » ;
- proposer un séquençage des actions proposées et préciser les prochaines étapes (sous la forme d'un calendrier de mise en œuvre).

Le contenu du plan d'action doit, bien sûr, tenir compte de l'existant. Celui-ci dépend des régions, voire des bassins d'emploi. Par ailleurs, des très bonnes initiatives locales méritent d'être développées mais ne sont pas aujourd'hui à l'échelle des besoins. Aussi, même si la rédaction ne le rappelle pas systématiquement, il est clair que toutes les propositions ci-dessous doivent intégrer toutes les initiatives existantes pertinentes.

Les huit partis pris du plan d'action proposé

La stratégie de déploiement proposée s'appuie sur huit partis pris à même de favoriser un déploiement rapide, cohérent et efficace sur le terrain.

1/Agir vite. Compte tenu de la pression concurrentielle croissante et des politiques volontaristes lancées à l'étranger, la filière doit engager la transformation immédiatement. La stratégie doit donc identifier un certain nombre d'actions qui puissent être mises en œuvre très rapidement, avec un impact direct sur le terrain.

2/Agir de façon concertée. La réussite de cette dynamique d'investissement et d'innovation doit s'inscrire en cohérence avec les agendas stratégiques des donneurs d'ordres, dont les leviers d'action sont clés et dont l'implication au service de l'ensemble de la filière est capitale. Ce dernier point ne doit pas être sous-estimé et suppose des efforts de pédagogie et de mobilisation particuliers de l'ensemble des acteurs de la filière.

3/S'appuyer sur l'existant et limiter la création de nouvelles structures. Le déploiement aujourd'hui limité des solutions Industrie du Futur ne doit pas occulter les nombreux dispositifs existants sur lesquels la stratégie peut s'appuyer. Ces dispositifs se trouvent tant au sein de la filière aéronautique (Performances Industrielles, Boost AeroSpace, clusters régionaux...) que parmi les actions publiques copilotées ou non avec les syndicats professionnels (Bpifrance, Alliance Industrie du Futur, French Fab...). La filière aéronautique peut également coopérer avec les filières adjacentes (électronique, chimie, automobile...), certaines entreprises ayant beaucoup à apprendre de contacts ou de confrères d'autres filières. De façon générale, le travail inter-filières a évidemment beaucoup de pertinence. Bâti sur l'existant permettra à la fois de gagner en rapidité (cf. le point « agir vite »), d'entraîner les acteurs déjà engagés sur le terrain et d'optimiser les ressources.

Là où des dispositifs existent, notamment dans certaines régions, les plans d'action doivent démarrer par un état des lieux et notamment une analyse détaillée des listes d'entreprises aidées et non aidées afin de définir un ciblage pertinent.

4/Mettre en place des actions simples et identifier des actions à effet rapide à tous les niveaux.

Comme on l'a vu, il subsiste aujourd'hui dans la filière un scepticisme qui freine l'adoption des solutions Industrie du Futur. Pour engager une dynamique, la stratégie devra notamment intégrer des actions simples, peu coûteuses pour les PME/PMI, qui génèrent un bénéfice tangible – même s'il est limité – pour les industriels de la filière. Cela contribuera à accroître l'adhésion au projet et permettra la réalisation d'actions plus complexes ou plus lourdes.

5/S'adresser à toutes les entreprises, sans faire de sélection à première vue . La stratégie cherchera à proposer un appui à toutes les entreprises de la filière, sans critère de taille ou de rentabilité. Elle s'adressera donc à la fois aux plus performantes, pour les aider à accélérer, et aux entreprises plus fragiles, pour qui la transformation digitale peut constituer une opportunité de rebond. Néanmoins, la nature et l'étendue du soutien apporté dépendront de l'entreprise et de sa volonté de transformation. Une attention particulière sera portée aux entreprises considérées comme stratégiques par le ministère des Armées, dont la montée en maturité digitale peut constituer une priorité.

En s'adressant à l'ensemble de la filière, la stratégie de déploiement visera également à enrôler un volume critique d'entreprises, à même de créer plus d'émulation, mobiliser des moyens et favoriser une transformation profonde.

6/Accompagner de façon personnalisée les entreprises dans leur transformation. D'après nos consultations, il est indispensable d'accompagner chaque équipe de direction pour définir ses besoins, ses objectifs « Industrie du Futur » et les éléments de sa feuille de route : trop d'options, trop de fournisseurs, trop de sujets ressources humaines, trop d'enjeux concernant le système d'information freinent aujourd'hui la prise de décision. La stratégie ne se limitera donc pas à mettre à disposition les outils dont les entreprises ont besoin. Un accompagnement humain individualisé aidera les entreprises à s'approprier les enjeux, à prendre en main les outils et à traverser chaque étape du parcours de digitalisation.

7/Renforcer la collaboration au sein de la filière par des outils *ad hoc*. Le secteur aéronautique français se distingue par son mode de travail collectif, « en filière ». La stratégie devra renforcer la collaboration *via* un pilotage coordonné et la mise en commun d'expériences et de moyens techniques, humains ou financiers. Les outils doivent être conçus pour s'adapter aux besoins et moyens (financiers et humains) des PME.

8/Assurer un suivi rigoureux pour garder un rythme et une mobilisation adaptés aux enjeux. La stratégie mobilisera un ensemble de dispositifs, existants ou à construire. Les acteurs sont nombreux. La situation est par ailleurs évolutive : de nouvelles solutions sont disponibles, des rapprochements d'entreprises sont inévitables... Un pilotage à l'échelle de la filière est donc indispensable pour assurer la cohérence d'ensemble des offres proposées, suivre leur déploiement et leur impact, et ajuster ces offres lorsque c'est nécessaire. Ce pilotage devra également suivre l'évolution de la maturité digitale de la filière pour maintenir le cap et cadencer les progrès.

L'ambition : une filière « transformée » d'ici 2022

Ces partis pris doivent permettre de construire un plan de transformation en ligne avec les enjeux et les caractéristiques de la filière aéronautique française. L'ambition doit être d'accompagner toutes les entreprises qui le souhaitent dans leur parcours de transformation digitale, suivant les quatre étapes précédemment évoquées : Compréhension, Préparation, Initiation et Généralisation. Les prochaines pages précisent chacune des phases composant ce parcours en détaillant à chaque étape les activités clés à réaliser par l'entreprise, ainsi que les « livrables » clés attendus à la fin de chaque phase : ces éléments de formalisation seront un premier outil méthodologique pour l'industriel et permettront à la filière de pouvoir suivre et consolider le niveau de déploiement de l'Industrie du Futur.

Activités clés et livrables du parcours de transformation digitale



Activités clés à réaliser

Participer à des forums d'information sur les technologies Industrie du Futur

Rencontrer d'autres sociétés et des fournisseurs de solutions pour partager des expériences

Visiter des sites vitrines avec des technologies déployées

Ébaucher une vision pour son entreprise

Dédier du temps ou mettre en place une équipe projet pour l'Industrie du Futur

Réaliser un audit/diagnostic et identifier les solutions pertinentes

Identifier des partenaires technologiques sur lesquels s'appuyer

Étudier la faisabilité technique, économique (calcul du retour sur investissement), financière et humaine (compétences) des solutions identifiées

Construire une feuille de route de la transformation

Mobiliser les supports/aides existants pour le financement des pilotes

Identifier les intégrateurs de solutions pour la mise en œuvre

Trouver les compétences de gestion de projet pour suivre le pilote

Lancer et piloter un essai d'un cas d'application sur un périmètre limité

Constater l'impact des pilotes et actualiser la feuille de route

Mobiliser les supports/aides existants pour le financement de la généralisation

Accompagner le déploiement par un programme de conduite du changement

Adapter l'infrastructure des technologies d'information et de communication

Assurer une veille permanente des nouvelles technologies

Livrables clés

Une vision

« J'ai une idée des cas d'application que je souhaiterais mettre en place »

« Je me suis fixé une ambition chiffrée »

« Je me suis donné un délai pour y arriver »

« J'ai estimé l'investissement nécessaire pour y parvenir »

Une feuille de route

« J'ai choisi les cas d'application à lancer »

« Je sais avec qui je vais travailler »

« J'ai nommé les responsables du projet »

" « J'ai défini le calendrier du pilote et du déploiement généralisé des cas d'application »

« J'ai validé le budget pour réaliser le plan »

Un impact sur un pilote

« J'ai mesuré une augmentation de performance sur un périmètre limité »

Un saut de performance

« J'ai mesuré un saut de performance quantifiable directement sur ma compétitivité globale (coût ou hors coût) »

L'ambition d'accélération de la transformation des entreprises de la filière peut être matérialisée par des objectifs pour chacune des étapes CP-AG. La mission propose les objectifs ambitieux suivants :

- La première des priorités doit être portée sur la phase de **Compréhension** avec pour objectif d'avoir dès la fin de l'année 2018 au moins 50 % des entreprises de la filière ayant compris les enjeux de cette transformation et ayant bâti leur propre vision. Ce chiffre doit atteindre au moins 75 % des entreprises dès la fin de l'année 2019. Au-delà de 2019, les efforts de communication et de sensibilisation ne seront pas terminés car de nouvelles technologies et des cas d'application associés vont émerger. Le public des industriels sera toutefois plus mature pour accueillir ces nouveautés.
- La phase suivante concerne la **Préparation** qui est à la fois exigeante sur le plan méthodologique et cruciale car aboutissant à l'élaboration d'une feuille de route permettant le passage à l'action. La filière doit se donner pour objectif que 50 % des entreprises aient construit leur feuille de route d'ici 2019, et 75 % d'ici fin 2020.
- Par la suite, la phase d'**Activation**, consistant en la réalisation de pilotes pour constater l'impact des cas d'application, doit être rapidement enclenchée afin de permettre aux industriels de démarrer le déploiement effectif. D'ici fin 2020, au moins 50 % des industriels de la filière doivent avoir constaté l'impact sur des pilotes, et 75 % à fin 2021.
- Enfin, la dernière phase de **Généralisation** est décisive car c'est en l'atteignant que les entreprises pourront effectivement réaliser le saut de performance attendu. Au moins 50 % des entreprises doivent atteindre ce stade d'ici fin 2022 pour assurer une véritable transformation de la filière.

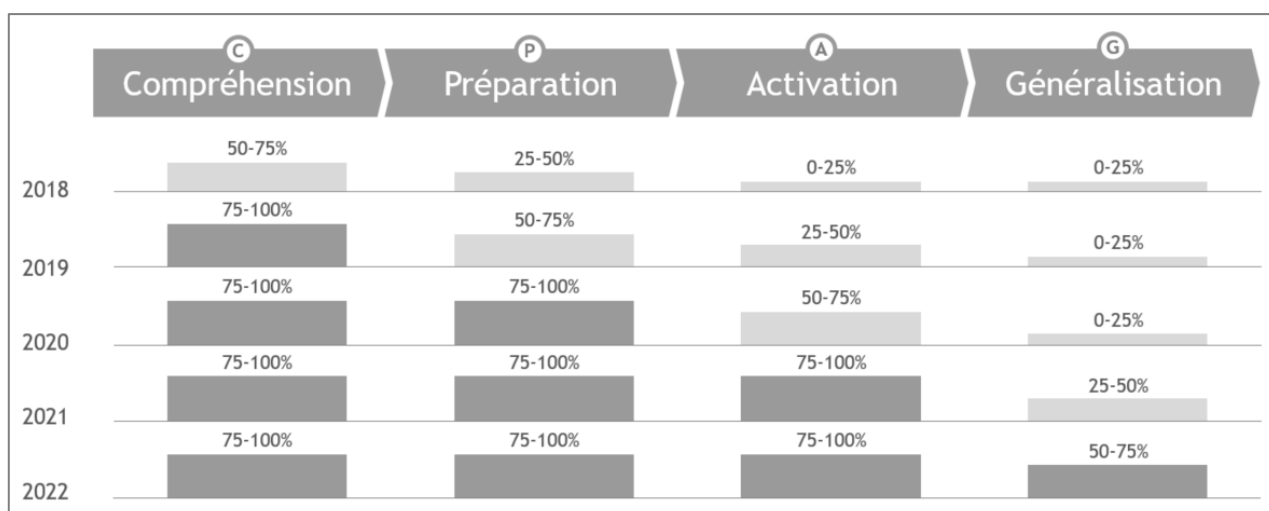


Figure 46 : Proposition d'objectifs de déploiement pour chaque étape du parcours.

Les moyens : un investissement de la filière et des pouvoirs publics dans cinq domaines d'actions

La stratégie de transformation proposée repose sur six priorités d'action majeures (cf. figure 47). Les priorités d'action 2 à 5 se déclinent en plusieurs sous actions. Sept points méritent attention :

a – Certaines propositions correspondent à des actions déjà partiellement mises en place : il faut comprendre et tenir compte de l'état d'avancement dans les différents territoires pour compléter le dispositif et assurer le passage à l'échelle.

b – Certaines propositions ne sont pas spécifiques à la filière aéronautique et ont vocation à impliquer les filières adjacentes (ex. : chimie, électronique, industrie navale, automobile...). Une approche multifilière doit permettre d'enrichir les échanges entre les différents secteurs, et d'optimiser les ressources engagées. Il faut toutefois assurer un équilibre dans la mise en œuvre de ces actions et :

- mettre en avant suffisamment d'exemples d'applications dans l'aéronautique pour que les entreprises de la filière puissent facilement s'approprier les sujets ;
- Lorsqu'une approche multifilière risque de ralentir l'action, tirer parti du dynamisme et des capacités de la filière aéronautique pour agir rapidement sur son périmètre propre, et intégrer d'autres filières dans un second temps.

c – Une concertation permanente entre les acteurs et financeurs est clé pour permettre l'optimisation des efforts.

d – Plusieurs actions proposées ont vocation à être déclinées au niveau régional, au moins dans les quatre régions les plus concernées. On devrait plus généralement se poser la question de décliner les plans d'action au niveau régional, sans toutefois perdre les effets d'échelle du niveau national. Sur ce dernier point, en particulier, les Direccte ont un rôle clé à jouer, en plus de leur rôle d'entraînement et de coordination à l'échelle locale. Cette approche est importante puisque les compétences de développement économique ont été transférées aux régions, qui ont des ambitions et programmes différents. Par ailleurs, l'Alliance pour l'Industrie développe également des approches régionales.

e – Les efforts et les moyens investis devraient être alloués selon l'importance des enjeux : les actions localisées, pour des sites de R & D ou de production (en conception, production ou logistique) devraient concentrer ~80 % des efforts et des moyens investis, tandis qu'environ 20 % pourraient soutenir des outils transverses, facilitant la coopération entre les entreprises de l'écosystème.

f – D'une manière générale, les initiatives proposées devraient impliquer, au niveau des entreprises concernées, l'ensemble des équipes concernées et non seulement les PDG, la transformation touchant l'ensemble des fonctions de l'entreprise.

g – Compte tenu de l'importance d'un accompagnement individualisé des entreprises, la majeure partie des moyens financiers à mobiliser devra être consacrée à la priorité d'action n°1 ci-après.



Figure 47 : Représentation schématique de la stratégie de déploiement et des 18 initiatives

Détaillons à présent les objectifs et modalités de mise en œuvre de chaque priorité d'action.

Priorité 1 – Accompagner les entreprises sur une base individuelle à travers l'octroi de prestations de conseil

Cet axe d'action devrait concentrer la majeure partie des efforts humains et financiers alloués au plan d'action.

Objectif - L'accompagnement individualisé des entreprises, par construction volontaire, doit permettre d'aider chacune d'elles à franchir les différentes étapes du parcours. L'accompagnement individualisé répond au constat de manque de temps, d'expérience et/ou de méthodes pour conduire une transformation digitale : pour ces différentes raisons, de nombreuses entreprises, notamment des PME, peinent à tirer parti des offres et outils existants pour leur site ou leurs activités. Cet accompagnement individualisé est compatible avec des approches en grappe qui donnent satisfaction dans certaines expériences récentes (diffusion de l'expérience croissante des donneurs d'ordres en matière de digitalisation). Ces missions d'accompagnement pourront s'appuyer sur l'ensemble des outils décrits dans les priorités 2, mais aussi 3, 4 et 5.

Moyens - La durée de ces prestations serait modulée de ~6 à ~50 jours, intégrant un diagnostic initial, selon les besoins *business* et/ou techniques identifiés.

Priorité 2 – Sensibiliser, fluidifier les échanges entre industriels

Objectif - De nombreuses solutions Industrie du Futur pertinentes pour la filière aéronautique sont aujourd'hui matures. Néanmoins, un effort doit être porté pour que les industriels puissent les connaître et s'en saisir. Le besoin d'outils de sensibilisation et de méthodologies adaptées est reconnu par tous.

L'enjeu est donc de faciliter, sur Internet et sur le terrain :

- l'accès à l'information sur les solutions techniques, les financements, les réseaux d'experts etc.
- les échanges entre professionnels. En effet, il est indispensable que les industriels puissent être en contact avec des experts, des confrères ou des fournisseurs qui connaissent leur métier et leurs outils, afin de gagner du temps, de construire la confiance et l'envie d'agir.

Moyens - Pour répondre à ces différents objectifs, il est proposé :

- Un site de mise en relation entre industriels, engagés dans l'adoption des solutions industrie du futur, afin d'accélérer l'accès à l'information et le partage d'expériences (sous-action 2.1). Pour que ce dispositif soit utilisé, il est important que la profondeur d'information soit réelle et que les mises à jour soient fréquentes. Il sera possible de s'appuyer sur des expériences existantes.
- Des outils pédagogiques et de démonstration en ligne pour aider à appréhender le panel de solutions technologiques disponibles et leurs conditions de mise en œuvre.
- Des informations sur les dispositifs d'accès aux ressources financières, notamment pour soutenir les entreprises dans leur phase de Préparation et d'Activation (modélisation financière, décisions d'investissements, recherche de financements, utilisation du Crédit Impôt Recherche).
- Un outil d'autodiagnostic qui permettrait à chaque entreprise d'établir un premier bilan sur sa maturité en matière de solution « Industrie du Futur ». Là également, des initiatives existantes pourront être réutilisées après les avoir testées et comparées.

Ces différentes catégories d'information sont regroupées ici sous le vocable « boîtes à outils » (sous-action 2.2).

- Ces outils peuvent faire l'objet de démonstration, sur Internet ou au sein d'un lieu physique, comme les usines-écoles. Ces usines-écoles devraient être suffisamment nombreuses sur le territoire pour être accessible (du point de vue des PME, importance du maillage territorial suffisamment développé). Des coordinations interrégions sont indispensables pour optimiser les déplacements des industriels. Même si beaucoup d'équipements peuvent être mis à disposition des usines-écoles par des fournisseurs, de tels sites nécessitent un soutien financier (sous-action 2.3).

Priorité 3 – Impliquer les parties prenantes extérieures à la filière

Objectif - Pour augmenter l'efficacité des actions menées au sein de la filière, trois groupes de parties prenantes devraient être impliqués étroitement :

1. les acteurs publics, aux échelles nationale et locale (BPI, régions etc.) ;
2. Les entreprises d'autres filières :
 - a. dont l'activité ou les besoins peuvent être proches ou pertinents pour des acteurs de l'industrie aéronautique ;
 - b. détenant des moyens et/ou des solutions susceptibles d'intéresser l'industrie aéronautique, afin de décloisonner les activités.
3. Les banques et financeurs en général.

Moyens – Pour impliquer pleinement ces trois catégories de parties prenantes dans la diffusion des solutions « Industrie du Futur », il est proposé :

1. de s'assurer que la dimension « Industrie du Futur » est prise en compte de façon systématique et systémique par les pouvoirs publics dans la construction des offres aux PME. Par exemple, les approches d'excellence opérationnelle ou de management doivent maintenant prendre en compte certaines des dimensions de l'Industrie du Futur. (sous-action 3.1) ;

2. en lien avec l'écosystème industriel d'autres filières, s'assurer de la vitalité des échanges entre industriels sur les aspects techniques (accès aux solutions avancées) et *business* comme la recherche de financements... (sous-actions 3.2 et 3.3).
3. De faciliter l'accès des PME aux écosystèmes de *start-up* (notamment avec des solutions industrielles type IoT) pour favoriser l'introduction de nouvelles solutions, des échanges de compétences... Cet accès peut passer (ou pas) par les donneurs d'ordres : il peut être pertinent d'avoir des échanges directs en complément des approches par les donneurs d'ordres. (Sous-action 3.4).
4. De s'assurer que les financeurs privés, et notamment les banques de réseau, comprennent le type d'investissement et d'évolutions que l'introduction des technologies Industrie du Futur va imposer aux PME industrielles. (sous-action 3.5).

Priorité 4 – Accélérer la conception et l'usage de solutions technologiques transverses

Objectif - À l'échelle de la filière, il est également nécessaire de favoriser le développement de nouvelles solutions adaptées aux besoins et de l'aéronautique, et des PME. Il peut s'agir d'adaptations de solutions en place dans d'autres filières, ou d'innovations conçues spécifiquement à l'usage des entreprises de l'aéronautique. Ces actions autour de l'offre technologique entendent :

- permettre la collaboration entre entreprises, afin de favoriser l'adoption de standards et de solutions communs et de créer un environnement favorable aux échanges entre entreprises ;
- à la fin, contribuer au déploiement des cas d'application.

Moyens

Les solutions techniques transverses sont de différentes natures, elles répondent à différents besoins identifiés et présentent des états de maturité et d'adoption hétérogènes :

- *Air Supply* est la solution transverse la plus avancée. La question aujourd'hui est de développer et déployer une version adaptée à des PME ;
- *Air Cyber*, *Air Track* ou encore les « Tour de contrôle/chaîne d'approvisionnement » sont des pistes de travaux collectifs sur des sujets identifiés : partage de données, cybersécurité...

Priorité 5 – Anticiper l'adaptation des emplois et des compétences, adapter l'offre de formation initiale et continue

Objectif – La gestion de la formation et des compétences est fondamentale dans cette transformation et en constituera un facteur clé de succès. Une démarche Edec (Engagement de développement de l'emploi et des compétences) pour la filière aéronautique en France est d'ores et déjà planifiée. Cependant, la filière peut lancer immédiatement des actions pour répondre à ses besoins les plus urgents, notamment en termes de programmes de formation initiale ou continue, en coordination avec les parties prenantes de la filière et des organismes de formation.

Moyens - Il s'agit ici de :

- s'assurer que les formations, initiales et continues, sont montées, financées, évaluées et adaptées, dans une logique d'amélioration continue, aux besoins et aux technologies (sous-action 5.1) ;
- mobiliser l'ensemble des DRH de la filière et favoriser leur partage d'expérience, sur différentes thématiques en lien avec l'adoption des solutions « Industrie du Futur », notamment : anticipation des compétences nécessaires ; formation ; dialogue social etc. (sous-action 5.2) ;
- vérifier que des solutions existent pour faciliter l'accès à des ressources rares pour des besoins ponctuels de PME (sous-action 5.3).

Un pilotage de la transformation et une gestion des offres proposées à l'échelon national et régional, avec un suivi auprès de chaque entreprise pour mesurer l'avancement et une revue régulière des offres proposées pour en assurer la pertinence dans la durée. La gouvernance devrait bien sûr associer l'État et les régions, le GIFAS, mais aussi des grandes et petites entreprises.

Objectif - Pour assurer la concrétisation des actions, il est impératif de mettre en place un pilotage de la transformation digitale. Ce pilotage aura pour but de :

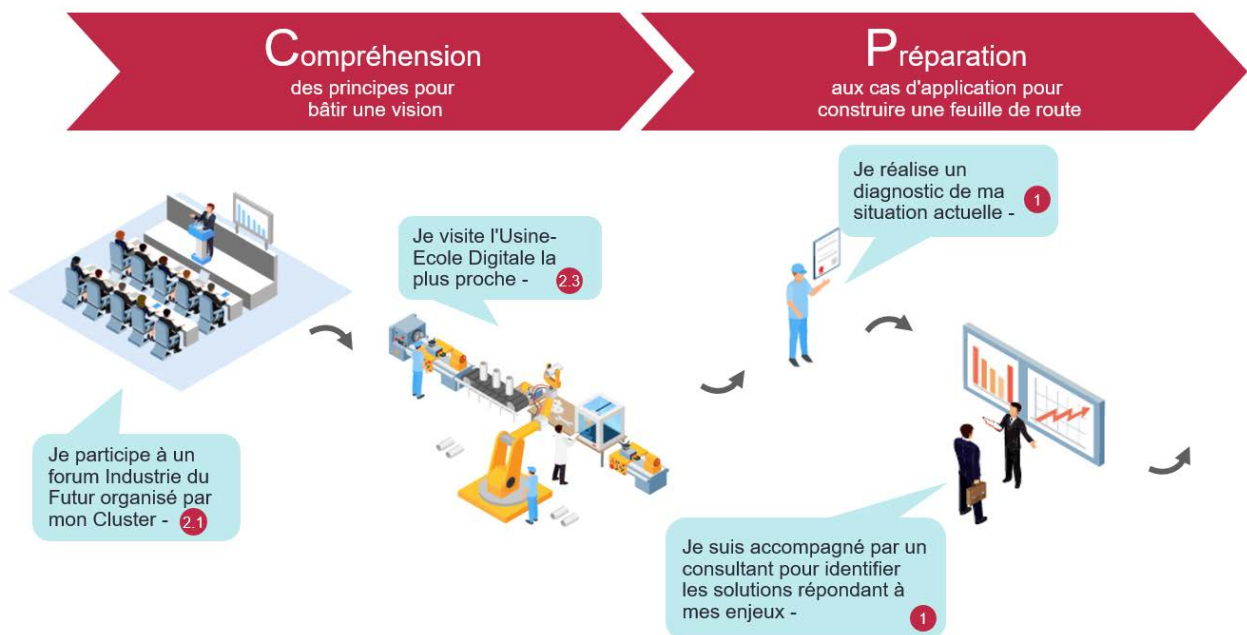
- assurer le lien avec les dispositifs existants ;
- assurer une déclinaison régionale pour les sujets qui le méritent ;
- suivre l'avancée des entreprises dans leur parcours digital ;
- s'assurer de la disponibilité des financements ;
- réajuster les différentes offres d'accélération en fonction des résultats et de l'évolution du contexte technologique ;
- mettre en place un système d'évaluation.

Moyens - Ce pilotage devrait s'articuler :

- à l'échelle nationale, c'est-à-dire à l'échelon des grands donneurs d'ordres, du GIFAS et de nombreux dispositifs existants (exemples : Bpifrance, Alliance Industrie du Futur, CSF) ;
- à l'échelle régionale, c'est-à-dire à l'échelon des plus petites structures, des *clusters* ou pôles de compétitivité et d'autres structures d'accompagnement (exemples : chambres consulaires, Grappes Space, Cetim). L'échelon régional est d'autant plus important que les régions concentrent l'essentiel du soutien financier public au développement économique.

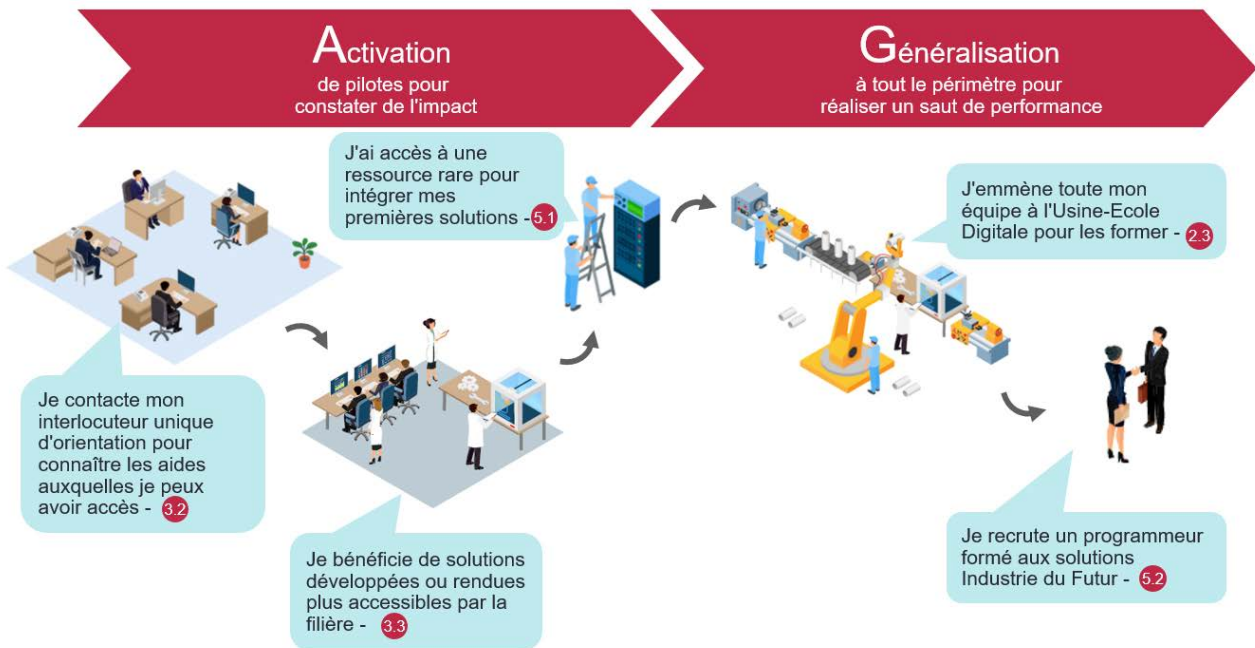
Chaque axe d'action fait l'objet d'une fiche détaillée ci-dessous.

Toutes les initiatives regroupées dans ce plan d'action sont complémentaires les unes des autres et soutiendront les entreprises tout au long de leur parcours de transformation digitale, comme l'illustre l'exemple de parcours ci-dessous.



Note : Les numéros renvoient aux initiatives mobilisées à chaque étape

Figure 48 : Exemple de parcours d'utilisateur en phases CP



Note : Les numéros renvoient aux initiatives mobilisées à chaque étape

Figure 49 : Exemple de parcours d'utilisateur en phases AG

Fiches-action détaillées

Fiche-action 1 : Accompagnement individualisé des entreprises (prestation de conseils)

Contexte

Les entreprises, et en particulier les PME, manquent de temps, d'expérience et/ou de méthode en interne pour conduire la transformation Industrie du Futur.

C'est notamment le cas concernant l'étape critique du diagnostic de performance, nécessaire pour identifier les enjeux clés de l'entreprise, comprendre quels leviers actionner pour les traiter, et identifier des solutions Industrie du Futur pertinentes le cas échéant. Il existe localement des opportunités de diagnostic pour les entreprises mais l'offre est hétérogène selon les régions et n'intègre pas toujours la dimension Industrie du Futur, faute de méthode adaptée ou de formation des intervenants.

Description

- Mobilisation des offres de diagnostic existantes et, là où c'est nécessaire, mise en place d'offres complémentaires pour assurer dans l'ensemble de la filière un diagnostic de performance qui prépare efficacement la transformation digitale de chaque entreprise.
- Prestation de conseil sur la durée afin d'accompagner les entreprises au long de leur parcours de transformation, incluant notamment les services suivant (à adapter selon les besoins de chaque entreprise) :
 - promotion proactive des initiatives de sensibilisation afin d'aider les entreprises à construire leur vision Industrie du Futur,
 - **coaching** individuel du chef d'entreprise et de l'équipe managériale ;
 - animation d'ateliers pour construire une feuille de route ;
 - aide à la navigation vers les fournisseurs et intégrateurs de solutions ;
 - aide à la construction d'une architecture informatique cible,
 - aide à la mise en place d'une équipe projet et de pilotes ;
 - aide à la généralisation d'un pilote ayant fonctionné.
- Si pertinent, regroupement par grappes (en variant les profils au sein d'une grappe) et organisation de sessions collectives au sein de la grappe (avec l'appui des prestataires d'accompagnement) afin de :
 - partager les bonnes pratiques ;
 - faciliter la mise en œuvre de solutions collectives (ex. : échanges de données).

Objectifs

- Diagnostic réalisé auprès de 80 % des entreprises de la filière
- Accompagnement de 50 % des entreprises de la filière en deux vagues sur une période totale de quatre ans

Programmes existants pour référence

- Performance Industrielle de *Space*
- Action « transformation numérique » en Occitanie
- Programme Usine du futur Nouvelle-Aquitaine

Plan d'action

Diagnostic de performance

- Cartographier les initiatives existantes offrant aux entreprises un diagnostic de performance, et comprendre dans quelle mesure elles intègrent les problématiques liées à l'Industrie du Futur.
- En fonction des besoins, fournir une formation régulière aux intervenants qui assurent ces diagnostics pour assurer :
 - leur maîtrise d'une méthodologie de diagnostic adaptée (sur la base de la boîte à outils développée) ;
 - leur connaissance des solutions Industrie du Futur ;
 - leur familiarité avec les problématiques spécifiques de la filière aéronautique.
- Sur un territoire donné, lorsqu'aucune initiative adaptée n'existe, mobiliser et former des prestataires pour assurer les diagnostics (de préférence les équipes qui interviendront également dans l'accompagnement personnalisé).

Accompagnement tout au long de la transformation Industrie du Futur

- Recenser les compétences disponibles parmi le réseau d'experts de performance industrielle, indépendants ou pas, et les compléter par des compétences Industrie du Futur (ex. : Syntec, Cetim, CEA...). Une attention particulière doit être portée sur l'identification des experts, qui doivent maîtriser des champs de compétences spécifiques (méthodes de production, informatique, compréhension du besoin des PME...).
- Définir le périmètre et le calendrier du support aux entreprises en tenant compte :
 - du caractère stratégique Défense (la DGA s'assure que la dimension est prise en compte via son réseau local dans les Direccte) ;
 - du niveau de maturité industrielle et digitale.
- Monter le plan de financement, notamment pour coordonner les financements de la part des régions et de l'Europe.
- Mise en place d'une évaluation.

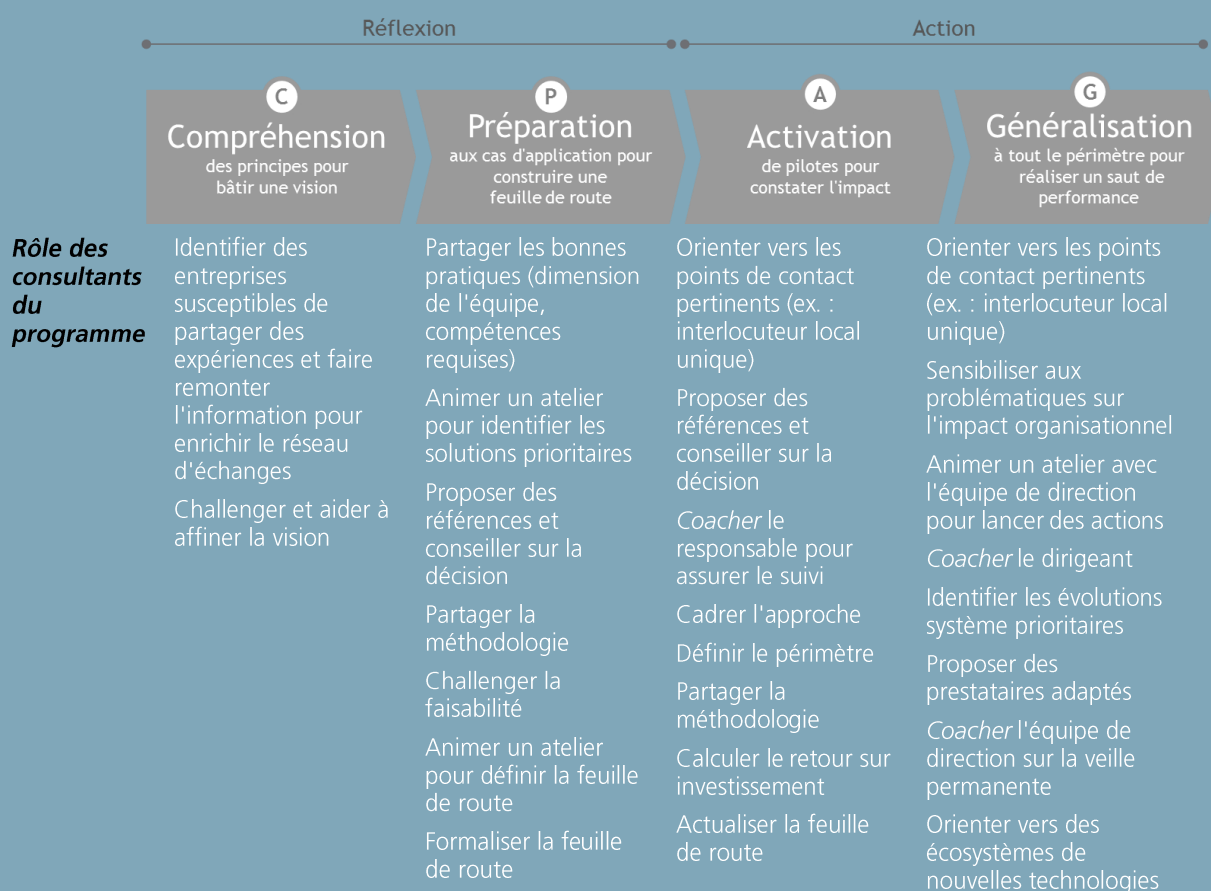
Exemple de porteurs d'actions possibles

- **Space** + appui de l'Alliance Industrie du Futur et des autres filières
- Là où c'est possible, l'équipe qui aura conduit le diagnostic peut assurer l'accompagnement dans la durée.

Durée de l'action

- Mise en place sur six mois (puis phase de déploiement de quatre ans)

Zoom sur le rôle du programme d'accompagnement à chaque étape CPAG (à adapter selon les besoins de chaque entreprise)



Fiche-action 2.1 : Plateforme d'accélération des échanges

Contexte

L'un des principaux freins au déploiement est la méconnaissance et le doute sur les solutions ; les dirigeants d'entreprise manquent de canaux facilitant l'échange d'expériences. Aujourd'hui, de nombreux salons ou forums existent mais l'offre est fragmentée, très locale et donc peu lisible, notamment pour les petites structures. Par ailleurs, des visites s'effectuent mais souvent *via* des initiatives ou réseaux personnels et, de fait, elles ne s'adressent pas au plus grand nombre. Enfin, des sites internet fournissant des informations sur l'Industrie du Futur existent mais il est difficile de trouver une vision des sujets Industrie du Futur à la fois exhaustive et directement transposable en actions concrètes.

Description

Mise en place de canaux d'échanges entre industriels en incluant :

- Un salon multifilière et national qui pourrait rassembler toutes les parties prenantes en France (sur le modèle du salon de Hanovre en Allemagne) ;
- Des forums thématiques locaux permettant de stimuler les initiatives locales et de créer du lien entre des acteurs proches ;
- Des visites entre pairs et au-delà de la filière pouvant être répertoriées et structurées *via* une plateforme digitale (**voir ci-dessous**) ou au sein des grappes d'entreprises (**voir initiative 5 Performance Digitale**) ; dans chaque région ou grappe, des entreprises pourraient devenir référentes pour certaines technologies ou sujets ;
- Une plateforme digitale, s'appuyant sur les outils existants et notamment l'Alliance Industrie du Futur, qui serait un support et un complément aux échanges physiques et où il serait possible d'accéder à des outils méthodologiques, des cours et conférences en lignes, des veilles technologiques ainsi que des retours d'expériences dans la limite de la propriété intellectuelle (**voir encadré qui suit pour le détail des éléments à insérer dans la plateforme et une proposition de maquette numérique**).

Objectifs

- Salon national lancé en 2019
- Forums tenus régulièrement dans chaque région
- Un réseau de sites dit « vitrines » dans chaque région, proposant des visites régulières
- Une plateforme digitale en ligne dès 2018

Programmes existants pour référence

- Cartographie Alliance Industrie du Futur
- Usine Extraordinaire
- Boîte à outils du Cetim

Plan d'action

- Identifier les plateformes existantes (notamment Alliance Industrie du Futur) à enrichir avec de nouveaux contenus aéronautiques.
- Le cas échéant pour assurer un démarrage rapide, possibilité d'amorcer la plateforme digitale sur la base de la maquette numérique construite (cf. illustration ci-après) et mettant en ligne le contenu issu de l'étude (technologies explicitées, premiers outils de diagnostic, cas d'application et exemples réels) ainsi que des vidéos illustrant les sujets présentés.
- Lancer un plan de communication autour de cette plateforme (à synchroniser avec le plan de communication de la transformation digitale dans son ensemble).
- Identifier, avec chaque *cluster* régional, les forums existants et y intégrer la dimension Industrie du futur si nécessaire (ex. : présentations de cas d'usage, présence de fournisseurs de solutions, tables rondes sur les retours d'expérience) ; relayer cette offre de forum *via* la plateforme digitale.
- Créer de nouveaux forums régionaux si aucun n'existe actuellement.
- Évaluer avec les acteurs pertinents (notamment **French Fab**, Alliance Industrie du Futur, Cetim) la possibilité de créer un salon annuel sur l'Industrie du Futur.
- Mobiliser des industriels volontaires (membres du groupe Miroir, vitrines Alliance Industrie du Futur) pour proposer des premières visites et les relayer *via* les *clusters* régionaux, les grappes et la plateforme digitale.

- Identifier, dans chaque région, d'autres champions locaux (aéronautiques ou non) pour étendre le réseau de visites à proposer.

Exemple de porteurs d'actions possibles

- **French Fab**, Alliance Industrie du Futur pour le salon national
- **Space, clusters** pour les forums locaux et les visites physiques
- **Space**, Alliance Industrie du Futur pour la plateforme digitale

Durée de l'action

- Mise en place en trois mois puis mise à jour au fil de l'eau des contenus

Zoom sur la Plateforme digitale

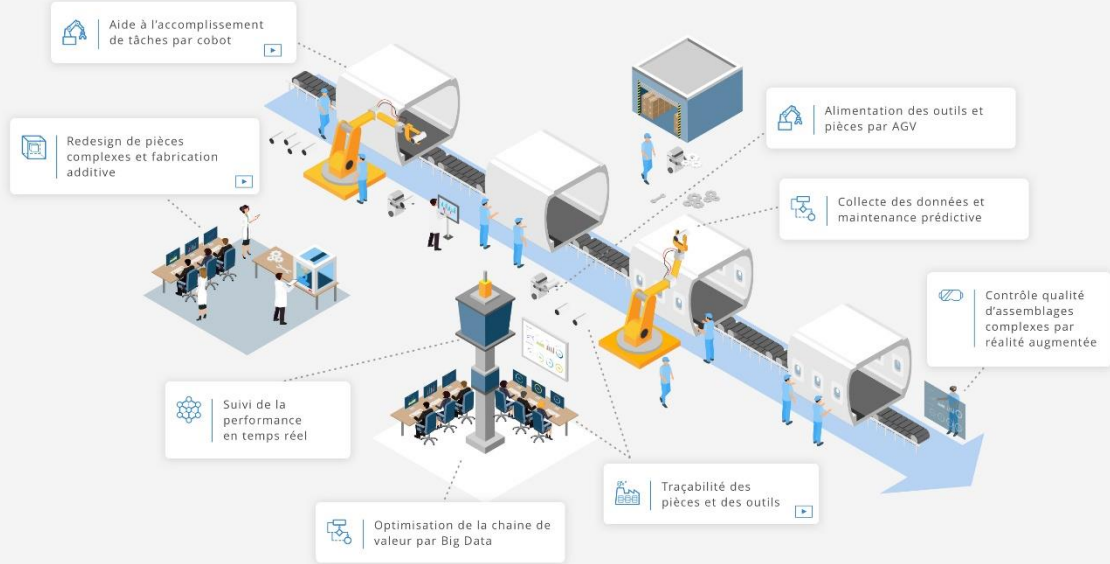
Contenus possibles de la plateforme digitale

- Présentation des technologies Industrie du Futur et des cas d'application associés ; avec photos, vidéos et témoignages à l'appui.
- Veille technologique formalisée sur les technologies et les fournisseurs de solutions.
- Outils d'autodiagnostic et méthodologiques.
- Cours et conférences en ligne de type *Webinar*.
- Cartographie des vitrines et des retours d'expériences d'industriels en précisant les contacts et les prochaines visites possibles.
- Consolidation des informations sur la tenue des prochains forums internationaux, nationaux et régionaux.

Maquette numérique de la plateforme digitale (à développer)



Cas d'application Site d'assemblage



Cas d'application Site d'assemblage



Fiche-action 2.2 : Boîte à outils

Contexte

Les industriels témoignent souvent d'un manque de méthodologie et d'outils à leur disposition pour identifier les solutions adaptées à leurs propres enjeux, bâtir une feuille de route en conséquence et franchir les différentes étapes jusqu'au pilote puis la généralisation.

Description

Élaboration d'outils permettant à chaque entreprise :

- De réaliser un autodiagnostic standardisé évaluant en particulier :
 - la maturité industrielle/*lean* (ex. : analyse des indicateurs de performances, cartographie type VSM des chaînes de valeur afin de prioriser les périmètres à améliorer) ;
 - la maturité digitale (ex. : liste de vérification des activités à réaliser pour chaque étape CP-AG afin d'évaluer les éléments digitaux déjà en place) ;
 - le niveau des compétences disponibles.
- D'identifier les cas d'application pertinents répondant aux enjeux spécifiques identifiés dans l'aéronautique.
- De comprendre toutes les étapes à réaliser afin de préparer un pilote puis une généralisation (en particulier celles concernant l'informatique et les ressources humaines), et d'en déduire une première vue du calendrier de déploiement (de l'ordre de 12 à 24 mois au total selon les profils).
- D'accéder à une liste de solutions (et les fournisseurs associés) qui auraient été mises en œuvre avec succès par d'autres industriels, qui seraient en passe de devenir des standards pour la filière aéronautique et/ou qui seraient utilisées et poussées par les donneurs d'ordres.

Objectifs

- Boîte à outils disponible sous trois mois incluant un diagnostic et vingt premiers cas d'application

Programmes existants pour référence

- Cartographie Alliance Industrie du Futur et des *clusters* régionaux

Plan d'action

- Dresser l'état des lieux des outils existant au niveau national et déclinés au niveau régional.
- En s'appuyant sur cet existant et sur la base des cadres développés dans l'étude (approche « Compréhension – Préparation – Activation – Généralisation »), créer un outil de diagnostic digital simple.
- Affiner les cas d'application pertinents pour l'aéronautique : les caractériser suivant l'enjeu traité et le niveau de maturité exigé.
- Lister les informations existantes sur les fournisseurs de solutions, y compris chez les grandes entreprises, l'Alliance Industrie du Futur et dans d'autres filières.
- Commanditer un **benchmark** indépendant pour évaluer la maturité des solutions et des fournisseurs clés.
- Travailler avec les donneurs d'ordres sur la notion de standards, en particulier pour les solutions d'échanges d'informations.

Exemple de porteurs d'actions possibles

- **Space** + appui de l'Alliance Industrie du Futur et des autres filières

Durée de l'action

- Mise en place en trois mois
















Zoom sur des outils possibles à mettre en place















Outil de première évaluation de la maturité digitale

	Liste de vérification de premier niveau	Illustration des diagnostics à établir (non exhaustif)	
Compréhension des principes pour bâtir une vision	"J'ai compris le potentiel de solutions sur base d'expériences réelles"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai visité des sites vitrines avec des technologies déployées"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai visité une usine école avec des technologies déployées"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai une idée des cas d'application pertinents compte tenu de mes enjeux"	<input type="checkbox"/>	
	"Je me suis fixé une ambition chiffrée"	<input type="checkbox"/>	
	"Je me suis donné un délai pour y arriver"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai estimé l'investissement nécessaire pour y parvenir"	<input type="checkbox"/>	
	"Quelqu'un est chargé du projet Industrie du Futur"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai réalisé un diagnostic pour identifier les cas d'application pertinents"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai identifié des partenaires technologiques possibles sur lesquels m'appuyer"	<input type="checkbox"/>	
Préparation aux cas d'application pour construire une feuille de route	"J'ai étudié la faisabilité technique des cas d'application ciblés"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai prévu comment assurer la connexion des solutions et adapter l'architecture IT"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai étudié la faisabilité économique (ROI) des cas d'application ciblés"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai évalué les ressources financières disponibles et identifié les aides pertinentes"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai identifié les compétences qui me manquent pour les cas d'application ciblés"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai un plan de conduite du changement en vue du déploiement"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai inscrit les cas d'application retenus sur une feuille de route"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai défini le calendrier des pilotes et du déploiement des cas d'application"	<input type="checkbox"/>	
			Analyse des enjeux prioritaires à traiter pour l'entreprise Diagnostic de la connectivité des moyens et de l'architecture informatique Analyse des capacités de financement Etat des lieux des compétences disponibles en interne

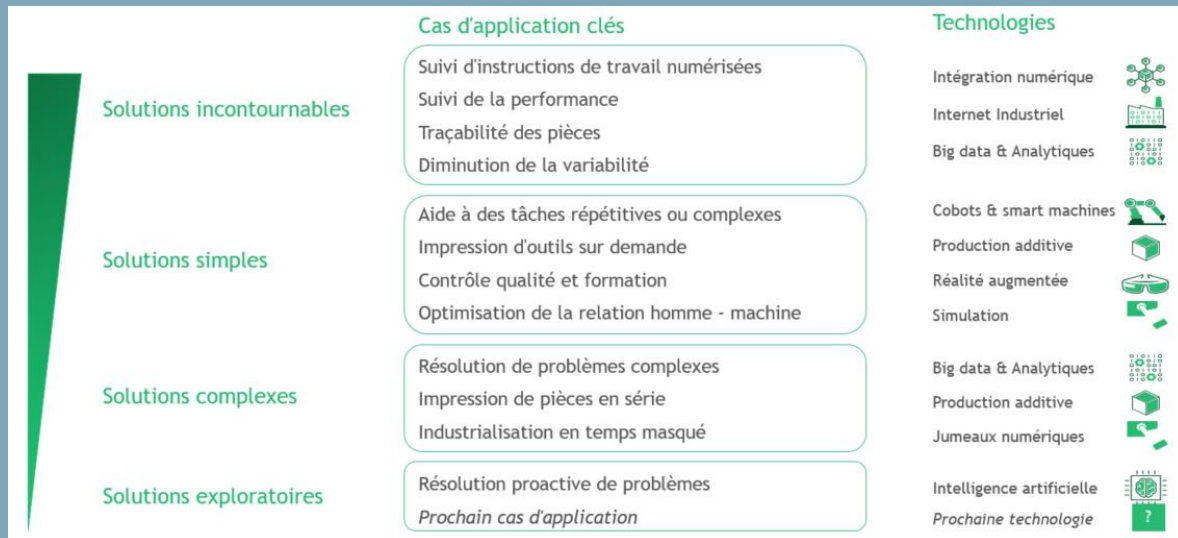
	Liste de vérification de premier niveau	Illustration des diagnostics à établir (non exhaustif)	
Activation de pilotes pour constater l'impact	"J'ai mobilisé les supports et aides pour le financement du pilote"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai mobilisé les compétences projet et technique pour le pilote"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai identifié les intégrateurs de solutions pour l'intégration"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai lancé un pilote sur un périmètre limité"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai mis en place des indicateurs pour suivre les résultats du pilote"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai mesuré une augmentation de performance sur le pilote"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai mis à jour la feuille de route pour le déploiement"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai préparé l'adaptation et le recrutement des ressources nécessaires à la généralisation"	<input type="checkbox"/>	
	"J'ai partagé mes retours d'expérience auprès de mes pairs"	<input type="checkbox"/>	
	Généralisation à tout le périmètre pour réaliser un saut de performance	"J'ai mobilisé les supports et aides pour le financement de la généralisation"	<input type="checkbox"/>
"J'ai lancé un programme de conduite du changement interne"		<input type="checkbox"/>	
"J'ai mis en œuvre le plan d'adaptation et de recrutement des compétences nécessaires"		<input type="checkbox"/>	
"J'ai lancé un programme pour adapter l'infrastructure informatique"		<input type="checkbox"/>	
"J'ai étendu le pilote à tout le périmètre accessible"		<input type="checkbox"/>	
"J'ai mesuré un saut de performance quantifiable"		<input type="checkbox"/>	
"J'ai partagé mes retours d'expérience auprès de mes pairs"		<input type="checkbox"/>	
"Je continue d'assurer une veille permanente des nouvelles technologies"		<input type="checkbox"/>	
			Diagnostic des capacités à mesurer la performance sur le périmètre du pilote Diagnostic des capacités à mesurer la performance globale

Guide de navigation entre les enjeux et les cas d'application associés

Enjeu	Cas d'application pertinents		
 <p>1. Réduire les tâches sans valeur ajoutée</p>	 <p>Flux logistiques par AGV</p>	 <p>Sortie de ligne assistée par un cobot</p>	 <p>Simulation et optimisation du processus d'usinage</p>
 <p>2. Augmenter la productivité des équipes</p>	 <p>Continuité digitale par MES</p>	 <p>Formation assistée par réalité augmentée</p>	 <p>Suivi et contrôles des flux par RFID</p>
 <p>3. Augmenter la productivité des machines</p>	 <p>Collecte d'informations sur la performance</p>	 <p>Analytiques avancées pour limiter la variabilité d'une machine</p>	
 <p>4. Optimiser les capacités disponibles</p>	 <p>Maintenance préventive</p>	 <p>Jumeau numérique pour simuler les flux de l'entreprise</p>	 <p>Zoom sur le cas d'application</p>

Enjeu	Cas d'application pertinents		
 <p>5. Réduire les temps de développement et d'industrialisation</p>	 <p>Fabrication additive pour prototypage</p>	 <p>Jumeau numérique pour simuler l'industrialisation</p>	
 <p>6. Réduire les temps de cycle</p>	 <p>Jumeau numérique pour simuler les flux de l'entreprise</p>	 <p>Simulation pour accélérer des processus spécifiques</p>	 <p>Fabrication additive pour la série</p>
 <p>7. Réduire les stocks</p>	 <p>Jumeau numérique pour simuler les flux de l'entreprise</p>	 <p>Fabrication additive pour la série</p>	
 <p>8. Réduire la non-qualité</p>	 <p>Robot intelligent pour améliorer la qualité</p>	 <p>Contrôle des pièces par réalité augmentée</p>	 <p>Zoom sur le cas d'application</p>

Aide à la priorisation des cas d'application à déployer



Fiche-action 2.3 : Usine-école digitale

Contexte

Observer le déploiement intégré des solutions dans une usine réelle permet de mieux comprendre le potentiel et la faisabilité des solutions. Si de nombreuses structures (IRT, Cetim, CEA, pôles de compétitivité, vitrines IAF) proposent déjà des démonstrateurs de plusieurs technologies Industrie du Futur, aucune ne semble proposer actuellement une usine-école complète, c'est-à-dire : un concept intégré de technologies Industrie du Futur produisant de vraies pièces, renouvelant en permanence ses technologies de manière indépendante, et un lieu physique d'échanges ouvert aux industriels, universitaires, chercheurs et fournisseurs de solutions. De telles usines existent en Allemagne ou aux États-Unis (par exemple l'usine-école de *Wichita* dédiée à l'aéronautique).

Description

Mise en place de lieux physiques, multifilières, disposant de vraies lignes de production équipées de l'état de l'art des solutions Industrie du Futur (à mettre à jour au fil de l'eau). Ce seront les lieux privilégiés de rencontres autour de l'Industrie du Futur entre industriels (par exemple au sein d'une grappe), universitaires, chercheurs et fournisseurs de solutions.

Plusieurs activités pourront y être réalisées :

- des visites immersives pour mieux appréhender les solutions dans un environnement industriel ;
- des ateliers avec des experts afin de bâtir conjointement une vision ou une feuille de route ;
- des formations sur les nouvelles technologies pour l'équipe managériale et des opérateurs des entreprises ;
- Des tests de solutions technologiques afin de tester avec ses propres produits les différents cas d'application possibles ;
- des développements de nouvelles technologies afin de faire monter en maturité des technologies (**voir initiative écosystème de start-up**).

Ces lieux physiques peuvent également orienter les industriels vers d'autres initiatives comme la boîte à outils ou le programme individualisé d'accompagnement.

Ces lieux doivent être développés de manière agile et en s'appuyant au maximum sur l'existant : en fonction des régions, ils pourront être des démonstrateurs technologiques adaptés, des usines vitrines d'industriels volontaires (ou de nouveaux sites dédiés si aucun site existant approprié n'est identifié).

Objectifs

- >90 % des dirigeants d'entreprise sensibilisés
- Équipes formées aux solutions Industrie du Futur, selon les besoins identifiés
- Sites écoles dans les principales régions aéronautiques

Programmes existants pour référence

- *Wichita* (aéronautique)
- Saclay (général)
- CEA Tech FFLOR en Moselle (automobile)
- ICO (BCG-Saclay)

Plan d'action

- Cartographier les dispositifs existants de démonstrateurs technologiques ou d'usines-écoles (ainsi que les projets actuellement à l'étude).
- Lancer rapidement des sessions de sensibilisation auprès des lieux actuels.
- Étudier la faisabilité de transformer des sites existants en usines-écoles intégrant un maximum d'activités précédemment décrites, acceptant des visites récurrentes et l'intégration continue des nouvelles technologies.
- Construire un nouveau site si nécessaire :
 - préparer le cahier des charges des usines-écoles ;
 - structurer l'écosystème, en particulier des fournisseurs de solutions ;
 - étudier la pertinence d'une mutualisation avec d'autres filières (ex. : automobile, électronique) ;

- réunir les financements, élaborer le modèle économique (prestations de formation facturées auprès des entreprises) et lancer la construction du site.

Exemple de porteurs d'actions possibles	Durée de l'action
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Régions, Cetim, CEA, <i>clusters</i> et pôles de compétitivité, IRT... 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mise en place d'un nouveau site en douze mois

Zoom sur les activités possibles des usines-écoles à destination des industriels

Durée	Cible	Description
Demi-journée	Direction	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Visite d'immersion pour sensibilisation
Journée complète	Direction et équipe managériale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Visite d'immersion ▪ Atelier pour ébaucher une vision Industrie du Futur pour l'entreprise (objectif de la phase de Compréhension)
1 semaine complète (ou 3x2 jours)	Équipe projet et technique	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Génération d'idées pour améliorer un processus ▪ Test grandeur nature sur les équipements de l'usine ▪ L'équipe repart avec une pièce optimisée ▪ Élaboration d'une première feuille de route pour l'entreprise (objectif de la phase Préparation)

Fiche-action 3.1 : Digitalisation des dispositifs d'accompagnement existants

Contexte

Les initiatives d'accompagnement existantes au niveau local peuvent être mobilisées comme un vecteur de communication et de sensibilisation auprès des entreprises.

Description

Intégration des sujets Industrie du Futur dans les initiatives existantes (à l'adresse des TPE/PME/ETI) afin de mobiliser tous les moyens pour sensibiliser les industriels et utiliser ces canaux pour les rediriger vers des initiatives spécifiques à l'Industrie du Futur.

Objectifs

- Aspects Industrie du Futur intégrés dans tous les programmes pertinents

Programmes existants pour référence

- Actions des DIRECCTE, CCI, conseils régionaux, etc.

Plan d'action

- Recenser, aux différents échelons, les initiatives existantes à l'adresse des TPE/PME/ETI (ex. : aides stratégiques, aides financières, mise en relation, aides en ressources humaines, aides à la croissance).
- Sensibiliser les intervenants de ces initiatives aux sujets Industrie du Futur et les informer sur les initiatives dédiées, pour qu'ils puissent orienter les entreprises qu'ils accompagnent.
- Sélectionner les initiatives pertinentes dans lesquelles intégrer des sujets Industrie du Futur
- Par exemple le programme Ambition PME-ETI de Bpifrance : possibilité de rendre obligatoire le module « Industrie du Futur ».

Exemple de porteurs d'actions possibles

- Tous les dispositifs d'accompagnement actuel (y c Bpi, régions, *clusters*, CCI, Cetim)

Durée de l'action

- Mise en place sur six mois

Fiche-action 3.2 : Interlocuteur unique d'orientation

Contexte

Pour faire appel aux dispositifs d'accompagnement existants, les PME doivent s'adresser en parallèle à différents acteurs (régions, Direccte, CCI, *clusters*, pôles...). Or les PME disposent de peu de temps et de ressources pour connaître les différents dispositifs et gérer la complexité induite par la multiplicité des procédures.

Description

Chaque entreprise se voit associée à un acteur d'accompagnement en particulier, qui sera son « interlocuteur unique d'orientation ». Il est identifié parmi les acteurs existants (ex. : régions, Direccte, CCI, *clusters*, pôles...) et a vocation à orienter les entreprises vers les autres acteurs pertinents, assurer le relais avec eux, et accompagner les demandes d'aides. L'interlocuteur d'orientation ne constitue pas un intermédiaire supplémentaire et n'exerce pas de tutelle sur les autres acteurs d'accompagnement : il permet simplement d'animer le réseau de ces différents acteurs plus efficacement, et ainsi de faciliter les procédures et d'optimiser les coûts et les délais d'instruction.

Objectifs

- Un interlocuteur d'orientation pour chaque entreprise

Programmes existants pour référence

- Accompagnement financement Nouvelle-Aquitaine
- Site les-aides.fr

Plan d'action

- Lancer un pilote au sein d'une région :
 - cartographier les aides existantes dans la région sur la base des ressources existantes (en particulier les-aides.fr) pour aider les interlocuteurs à orienter les entreprises ;
 - identifier dans la région les acteurs susceptibles de tenir le rôle d'interlocuteurs d'orientation (ex. : région, Direccte, CCI, *clusters*, pôles) ;
 - allouer les entreprises de la filière aux différents acteurs identifiés.
- Préparer le déploiement sur la base des enseignements du pilote.

Exemple de porteurs d'actions possibles

- Région
- Direccte
- CCI
- *Clusters/pôles*

Durée de l'action

- Mise en place sur trois mois

Fiche-action 3.3 : Accès aux solutions avancées

Contexte

Certaines solutions technologiques (ex. : simulation, continuité numérique) sont très pertinentes pour la filière aéronautique (cf. **Volet 2 de l'étude**). Cependant, elles sont difficiles d'accès, notamment pour les PME, car leur modèle de diffusion actuel est orienté vers les grandes entreprises (solutions coûteuses, nécessitant une grande maturité technologique et/ou une taille critique). De ce fait, elles sont peu déployées au sein de la filière.

Description

Création de nouveaux modèles de diffusion pour permettre à l'ensemble de la filière et notamment aux PME d'avoir accès à ces solutions. Par exemple : développement de solutions « allégées » adaptées aux PME ; centrale d'achat pour réduire les coûts ; mutualisation de solutions.

Objectifs

- Au moins deux solutions technologiques accessibles parmi les plus pertinentes pour la filière (ex. : simulation, continuité numérique)

Programmes existants pour référence

- Outils du PIA3 sur l'accompagnement à la mutualisation

Plan d'action

- Identifier et prioriser les solutions pertinentes pour l'aéronautique mais, à première vue, complexes et/ou coûteuses à déployer pour les PME :
 - proposition : simulation, **gestion des processus industriels** (MES).
- Réaliser une étude de marché pour vérifier si des solutions accessibles aux PME existent.
- Le cas échéant, travailler avec des fournisseurs de solutions français pour structurer une approche favorisant l'accessibilité de ces solutions :
 - propositions : centrale d'achat, développement de solutions allégées moins coûteuses, mutualisation de solutions (notamment sur la base des outils du PIA3).
- Lancer un pilote pour un sujet clé.

Exemple de porteurs d'actions possibles

- 1 *cluster* pilote volontaire + soutien du GIFAS, AIF et d'autres filières

Durée de l'action

- Mise en place sur trois mois

Fiche-action 3.4 : Animation de l'écosystème de *start-up*

Contexte

Des solutions technologiques développées pour d'autres secteurs (par exemple l'automobile) peuvent présenter un fort potentiel pour les entreprises de l'aéronautique, sans que les *start-up* impliquées en soient pleinement conscientes. De plus, exploiter de telles solutions dans l'aéronautique peut nécessiter des adaptations pour se plier aux besoins spécifiques de la filière.

Par ailleurs, certaines *start-up* portant des solutions technologiques clés seront fortement sollicitées par les entreprises de la filière au fur et à mesure du déploiement : leur capacité à croître rapidement et à répondre à cette demande constitue une condition importante pour une mise en œuvre à grande échelle.

Description

Animation d'un écosystème de *start-up via* :

- Référencement de *start-up* françaises dont les innovations présentent un fort potentiel pour l'aéronautique, et orientation vers des dispositifs d'accompagnement ou de financement afin de les soutenir dans leur croissance.
- Organisation de *hackathons* pour tester une idée, une spécification voire produire un prototype tout en assurant une forte visibilité.
- Utilisation de sites type **Fab Lab** (ou création d'un tel site si nécessaire) où les *start-up* peuvent tester la faisabilité de leurs prototypes tout en bénéficiant des ressources communautaires de ce Fab Lab (échanges d'informations et de savoir-faire entre adhérents, outillages etc.).

Objectifs

- Vingt *start-up* référencées
- Un *hackaton* par an
- Vingt projets réalisés en trois ans

Programmes existants pour référence

- *Factory Lab* généraliste porté par le CEA Saclay
- *AMRC* de Sheffield en partenariat avec Boeing

Plan d'action

- Cartographier l'écosystème de *start-up* françaises, lui communiquer les enjeux et les cas d'usage prioritaires Industrie du Futur exprimés par la filière, de sorte de faciliter les relations entre les PME de la filière aéronautique et cet écosystème. Orienter le cas échéant vers des dispositifs d'accompagnement ou de financement.
- Organiser des *hackathons* pour accélérer la recherche de solutions.
- Cartographier l'offre de « Fab Lab » existante et y orienter les *start-up* identifiées.
- Si l'offre existante est insuffisante, créer un **Fab Lab** (pour porter des projets aéronautiques mais aussi multifilières) :
 - organiser une visite dans un espace existant (ex. : **AMRC** de Sheffield) avec des industriels intéressés en vue de monter un pilote ;
 - préciser le cahier des charges et réunir les financements ;
 - lancer la construction ;
 - préparer la campagne de communication et les premiers appels à projets.

Exemple de porteurs d'actions possibles

- Région, soutien de partenaires technologiques (Cetim, CEA)

Durée de l'action

- Mise en place sur douze mois

Fiche-action 3.5 : Sensibilisation des banques

Contexte

Les PME rencontrent des difficultés à financer leurs projets de transformation Industrie du Futur car les banques de réseau connaissent peu les solutions technologiques et leur retour sur investissement.

Description

Communication orchestrée auprès des banques de réseau françaises, au niveau national et régional, pour les sensibiliser aux solutions Industrie du Futur et leur potentiel économique.

Objectifs

- Les principales banques qui financent les PME aéronautiques sont sensibilisées au potentiel économique des solutions Industrie du Futur

Plan d'action

- Identifier auprès des organismes de la filière les banques de réseau assurant l'essentiel (>80 %) du crédit auprès des PME aéronautiques.
- À titre de pilote, organiser un échange avec l'une des banques identifiées au niveau national. L'échange vise à présenter les solutions technologiques et leurs principaux cas d'usage en aéronautique en mettant en évidence la maturité des solutions, et en explicitant les retours sur investissement attendus sur la base d'expériences concrètes.
- Sur la base de ce pilote, affiner les messages pour en assurer l'efficacité (ex. : sélection des cas d'usage les plus convaincants) et construire un support de tutoriel qui pourra être diffusé plus largement (ex. : vidéo, site **web** simple).
- Déployer l'approche au niveau national avec une session d'information avec les pouvoirs publics (DGE, Trésor...), les organismes de la filière (GIFAS...) et l'ensemble des banques identifiées, mobilisant les enseignements du pilote.
- Décliner ces sessions au niveau local et diffuser le tutoriel au travers des comités de pilotage régionaux.

Exemple de porteurs d'actions possibles

- Comités de pilotage
- BPI

Durée de l'action

- Mise en place en trois mois, sessions à répéter au moins tous les deux ans

Fiche-action 4.1 : Échange de données sur les commandes (AirSupply/AirConnect)

Contexte

Les petites et moyennes entreprises ont un besoin urgent d'accroître la visibilité sur la demande (afin notamment d'engager des investissements) mais la solution **AirSupply** est peu adaptée à leur environnement et trop coûteuse.

Description

Accélération (en volume) et approfondissement (en qualité d'utilisation) de la solution **AirSupply** afin de permettre aux structures en début de chaîne de justifier des investissements productifs, d'optimiser les ressources machines et humaines, de regrouper leurs achats pour atteindre un volume visible et de réduire leurs temps de cycle.

Objectifs

- Déploiement de la solution **AirConnect** dans la filière

Programmes existants pour référence

- Actions en cours dans la région Occitanie (quatre grappes de cinq à six PME chacune)

Plan d'action (déjà engagé par la filière via une expérimentation en région Occitanie)

- Développer une solution plus adaptée à des entreprises de moins de 100 M€ de chiffre d'affaires (**AirConnect**).
- Formaliser les pratiques de planification pour stabiliser les données d'entrée.
- Renforcer l'accompagnement des petites structures dans le déploiement d'**AirConnect**.
- Évaluer la possibilité d'associer à la solution la partie appel d'offres et la gestion de contrats.

Exemple de porteurs d'actions possibles

- **BoostAeroSpace** pour la conception, **Space** pour le déploiement

Durée de l'action

- Déploiement de la solution AirConnect sur quatre ans, en cas de retour positif sur l'expérimentation menée en région Occitanie

Fiche-action 4.2 : Échange sur les questions de cybersécurité (*AirCyber*)

Contexte

L'échange croissant de données entre les entreprises va augmenter la vulnérabilité de la filière dans son ensemble.

Description

Renforcement de la sécurité pour les échanges de données interentreprises (notamment *via* le *hub BoostAeroSpace*) et mise en place de solutions de cybersécurité pour les acteurs avec une approche progressive.

Objectifs

- Déploiement des solutions pour les entreprises utilisatrices d'**AirSupply** afin de sécuriser les échanges de données

Programmes existants pour référence

- -Action pilote en cours dans la région Occitanie

Plan d'action (action déjà engagée par la filière en région Occitanie)

- Organiser des groupes de travail avec des membres de **BoostAeroSpace** et des experts de cybersécurité afin de déterminer quels éléments doivent être gérés en central (par **BoostAeroSpace**) et quels éléments doivent être gérés par chaque entreprise (action déjà réalisée en Occitanie).
- Effectuer des diagnostics des niveaux de sécurité des entreprises.
- Référencer des solutions et services de cybersécurité ayant fait leur preuve.
- Renforcer l'accompagnement des petites structures dans le déploiement des solutions **AirCyber**, en insistant sur la dimension humaine du changement : formation des équipes, mise en place d'une organisation et de processus de contrôle...

Exemple de porteurs d'actions possibles

- **BoostAeroSpace** pour le *design, Space* pour le déploiement

Durée de l'action

- Mise en place de deux ans, en cas de retour positif sur l'action pilote menée en région Occitanie

Fiche-action 4.3 : Échange de données de traçabilité (*AirTrack*)

Contexte

Un large volume d'informations et de documents accompagne chaque pièce tout au long du cycle, le plus souvent sur papier, source d'inefficacité à tous les niveaux de la chaîne d'approvisionnement.

Description

Mise à l'étude d'une solution permettant d'associer des pièces à des traceurs et de leur associer des éléments d'identification et de documentation, ce afin de réduire les coûts liés à la gestion documentaire, réduire les coûts liés à la documentation et limiter les coûts de rappels en cas de problème.

Objectifs

- Validation du besoin et le cas échéant déploiement d'une solution pour les échanges de données de traçabilité permettant de mieux tracer les pièces critiques et leurs documentations

Plan d'action

- Mettre en place un groupe de travail réunissant en premier lieu des qualitatifs de la filière aéronautique.
- Définir le périmètre des données que les entreprises pourraient partager et celui des données stratégiques à garder confidentielles.
- Évaluer l'amélioration potentielle de compétitivité apportée et valider le besoin.
- Affiner le cahier des charges sur le type de pièce à suivre, la granularité des pièces à suivre, les éléments à tracer (ex. : pièce ou **packaging**) et le type de technologie à utiliser.
- En parallèle, approfondir la compréhension des solutions **Blockchain**.
- Définir une feuille de route filière pour les échanges de données de traçabilité, en incluant une réflexion sur les standards à développer et la gouvernance des données qui seront échangées.
- En cas de validation du projet, lancer un pilote sur une grappe d'entreprises (dont des PME), et évaluer les améliorations de compétitivité apportées.

Exemple de porteurs d'actions possibles

- **BoostAeroSpace** pour la conception, **Space** pour le déploiement

Durée de l'action

- Mise en place de deux ans

Fiche-action 4.4 : Tour de contrôle de la chaîne d'approvisionnement pour suivre les données de gestion

Contexte

Les donneurs d'ordres n'ont pas une vision claire sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement et manquent d'un moyen de détecter des problèmes chez les fournisseurs suffisamment en amont. Cela entrave la capacité de la filière dans son ensemble à planifier efficacement la production.

Description

Mise à l'étude d'une solution permettant d'offrir en temps réel :

- une vision macro : visualisation des capacités de production des fournisseurs et des stocks, simulation de la chaîne ;
- un suivi micro : suivi d'avancement de la production des fournisseurs, anticipation et gestion des crises.

Objectifs

- Validation du besoin et le cas échéant déploiement d'une solution pour les échanges de données de gestion permettant d'améliorer le suivi de performance de la chaîne d'approvisionnement et de réagir en cas de problème

Plan d'action

- Former un groupe de travail afin de définir les éléments opérationnels à suivre, avec une attention particulière portée sur le respect du droit de la concurrence et la construction d'un projet gagnant-gagnant, bénéficiant à la fois aux donneurs d'ordres et aux fournisseurs. En particulier, le groupe de travail doit définir le périmètre des données à partager et celui des données stratégiques à garder confidentielles.
- Évaluer l'amélioration potentielle de compétitivité apportée et valider le besoin.
- Réaliser un audit de l'existant **AirSupply/AirConnect** afin de voir quelles informations sont déjà disponibles.
- Définir une feuille de route filière pour les échanges de données de gestion, en incluant une réflexion sur les standards à développer et la gouvernance des données qui seront échangées.
- Développer de façon agile une solution répondant aux besoins et la tester auprès d'une grappe d'entreprises pilotes.

Exemple de porteurs d'actions possibles

- **BoostAeroSpace** pour la conception, **Space** pour le déploiement

Durée de l'action

- Déploiement en deux ans

Fiche-action 4.5 : Échanges de données techniques (à partir de « AirDesign »)

Contexte

Les industriels doivent échanger de nombreuses données techniques en phase de développement comme de production mais peu de canaux digitaux formalisés existent pour faciliter ces échanges.

Description

Validation du besoin et structuration de l'approche pour une solution permettant de faciliter les échanges de données techniques en phase de développement, d'industrialisation (y compris pour la simulation) et de production, ce afin de faciliter le travail sur plusieurs sites/pays et de réduire les temps de cycle globaux.

Objectifs

- Déploiement d'une solution permettant de fluidifier les échanges de données techniques, cela contribuant à réduire les temps de cycles de développement et de production

Programmes existants pour référence

- AirDesign
- Systèmes d'échanges techniques dans l'automobile
- Solutions proposées par les grands concepteurs/producteurs de logiciels industriels

Plan d'action

- Former un groupe de travail réunissant en premier lieu des ingénieurs R & D et des ingénieurs méthodes de la filière.
- Définir le périmètre des données que les entreprises pourraient partager et celui des données stratégiques à garder confidentielles.
- Évaluer l'amélioration potentielle de compétitivité apportée et valider le besoin.
- Dresser un retour d'expérience de la solution **AirDesign** et les conditions nécessaires au déploiement d'une solution plus large, intégrant les données techniques en production, au-delà de la phase de développement (**design**).
- Définir une feuille de route filière pour les échanges de données techniques, en incluant une réflexion sur les standards à développer et la gouvernance des données qui seront échangées. Le plan de déploiement devra prévoir d'engager les entreprises et en particulier les PME à revoir et optimiser leur **process** de **design** (développement du **co-engineering, redesign to cost** avant recertification le cas échéant) afin d'approfondir le champ des données à partager et d'encourager au partage des axes d'innovation.
- Développer de façon agile une solution répondant aux besoins et la tester auprès d'une grappe d'entreprises pilotes

Exemple de porteurs d'actions possibles

- **BoostAeroSpace** pour la conception, **Space** pour le déploiement

Durée de l'action

- Déploiement en deux ans

Fiche-action 5.1 : Évolution des offres en compétence pour répondre aux besoins

Contexte

Les solutions Industrie du Futur vont fortement faire évoluer les métiers actuels (opérateur sur ligne, technicien de maintenance, ingénieur méthodes, ingénieur R & D, opérateur service informatique, acheteur, vendeur...) mais aussi créer un besoin important pour de nouvelles compétences (experts en management de projets digitaux, intégrateur industriel 4.0, ingénieur automaticien/coboticien, expert en fabrication additive, expert en cybersécurité, ingénieur réseau informatique, codeur/programmeur, analyste en données industrielles).

Si ce constat est largement partagé dans la filière, il est pour l'heure difficile de quantifier les besoins à venir. Face à ce manque de visibilité, les organismes de formation initiale et continue éprouvent des difficultés à lancer des formations suffisamment concrètes et correctement dimensionnées sur ces sujets critiques.

Il est nécessaire de partager les données existantes et de mobiliser les acteurs de formation initiale et continue sans attendre la démarche EDEC.

Description

Mise en place, au niveau national et éventuellement régional, d'un comité d'expression et de suivi des besoins de formation en lien avec les solutions Industrie du Futur :

- composé de jeunes ingénieurs (proches des formations initiales), de **start-up** (proches des nouvelles solutions technologiques) et d'opérationnels expérimentés (connaissant les formations continues et les besoins émergents parmi les industriels) ;
- ayant pour objectifs de consolider les besoins, d'identifier les tendances et de les communiquer auprès des organismes de formation initiale et continue ;
- assurant un impact rapide sur l'offre de formations.

Objectifs

- Donner, au plus vite, des orientations aux centres de formation initiale et continue qui alimentent la filière
- Mettre en place de formations sur des sujets et métiers critiques (exemple : coboticien)

Plan d'action

- Mettre immédiatement en place un comité de suivi national des besoins de la filière pour faire remonter et consolider les besoins les plus urgents dans le domaine Industrie du Futur :
 - base de discussion : compétences clés identifiées dans l'étude.
- En s'appuyant sur les Campus des métiers et des qualifications, clarifier les projets et les besoins de visibilité des organismes de formation initiale (ex. : lycées techniques, IUT) et continue.
- Dans chaque région, assurer le lien entre les besoins locaux des industriels (en appuyant leurs efforts d'estimation des besoins futurs) et la formation.

Exemple de porteurs d'actions possibles

- GIFAS + appui des Campus des métiers et des qualifications + appui des autres filières

Durée de l'action

- Mise en place rapide pour obtenir un impact dès la rentrée 2019, voire idéalement dès septembre 2018

Fiche-action 5.2 : Mobilisation des DRH

Contexte

L'adoption des solutions Industrie du Futur nécessite la pleine implication des DRH, quelle que soit la taille des entreprises : compte tenu de la nouveauté de certains sujets et de leur caractère transverse à la filière, une coordination particulière des DRH sur différentes thématiques permettrait d'accélérer et de sécuriser la transformation.

Description

L'adoption des solutions Industrie du Futur appelle une mobilisation spécifique des DRH, sur les actions suivantes notamment :

- prendre en compte les impacts des solutions Industrie du Futur dans la GSEC des entreprises ;
- sécuriser les compétences nécessaires à l'adoption des nouvelles solutions ;
- anticiper l'effort de requalification pour accompagner la transformation des emplois ; revisiter le processus de formation ;
- analyser les impacts des solutions Industrie du Futur sur les aspects de qualité de vie et santé au travail ;
- intégrer l'adoption des solutions Industrie du Futur dans le dialogue social ;
- travailler avec les branches et les territoires pour participer à une gestion collective de la transformation ;
- Mettre en place des évaluations des impacts emploi et compétences, mesurer les transferts de tâches.

Objectifs

- Accélérer la compréhension des implications des solutions « Industrie du Futur » par les DRH
- Faciliter l'adoption des solutions industrie du futur à travers des actions RH dédiées (ci-dessus)

Plan d'action

- Organiser les échanges entre les DRH, aux échelles nationale et régionale.
- Structurer les échanges par groupe de travail (ex. : anticipation des compétences nécessaires ; formation ; dialogue social etc.).

Exemple de porteurs d'actions possibles

- GIFAS + Comité stratégique de filière, groupe de travail « Évolution des métiers, des compétences et de l'environnement social »

Durée de l'action

- Mise en place rapide pour obtenir un impact dès 2019

Fiche-action 5.3 : Accès aux ressources rares

Contexte

Afin de déployer les solutions Industrie du Futur, les entreprises ont besoin de nouvelles compétences. Cependant, pour des activités ponctuelles (comme l'intégration de nouvelles technologies, la programmation de langages entre machines ou la mise en place de solutions de cybersécurité), les entreprises, et en particulier les petites structures, ne pourront pas se permettre d'avoir des ressources humaines à plein-temps et devront dès lors se tourner vers d'autres modèles. De plus les entreprises qui détiennent des compétences rares souhaitent souvent conserver cet avantage comparatif plutôt que de les mutualiser.

Description

Cartographie des dispositifs existants permettant d'accéder à des ressources rares pour lesquelles les petites structures ne peuvent se permettre d'avoir des ressources humaines à temps plein.

Lorsqu'aucun dispositif n'est adapté, structuration de nouveaux dispositifs pour faciliter l'accessibilité.

Objectifs

- Accès facilité aux ressources rares dans chaque **cluster**

Programmes existants pour référence

- Solution Groupement

Plan d'action

- Identifier les ressources rares nécessaires dans chaque région en s'appuyant sur les diagnostics existants (« métiers sous tension »), à compléter si nécessaire en consultant les industriels
 - Ex. : ingénieur système, intégrateur, programmeur, automaticien, expert en cybersécurité.
- Cartographier les différents dispositifs existants permettant de rendre plus accessibles ces ressources rares :
 - Ex. : sociétés de prestation ayant ces compétences, mutualisation de ressources *via* la solution « Groupement d'employeurs », envoi d'experts détachés : GÉRIS par Thales.
- Si nécessaire, structurer un nouveau dispositif d'accessibilité :
 - Ex. : contrat de travail signé avec le *cluster*, temps partagé entre différentes structures qui financent les prestations au *pro rata* du temps consacré.

Exemple de porteurs d'actions possibles

- *Clusters*, soutien du Cetim

Durée de l'action

- Mise en place sur douze
- mois

Fiche-action 6 : Comité de pilotage et de gestion des offres d'accélération

Contexte

Compte tenu de la fragmentation des acteurs et de l'ambition de déploiement, en nombre d'entreprises et en vitesse, un pilotage d'ensemble est nécessaire.

Description

Mise en place de comités de pilotage de la transformation, 1 au niveau national, 12 au niveau régional, regroupant ses principaux acteurs dont les missions seront de piloter le parcours digital des entreprises et de gérer les offres d'accélération mises à leur disposition.

Objectifs

- Feuille de route filière adoptée et mise en œuvre
- Avancement mesuré annuellement dans l'ensemble de la filière
- Offres constamment mises à jour
- Évaluation des actions et du plan

Plan d'action

- Identifier les membres du Comité de pilotage national et établir des points de relais locaux.
- Valider l'ambition de digitalisation de la filière à horizon cinq ans et adopter la feuille de route pour atteindre cet objectif.
- Lancer un plan de communication autour de cette transformation :
 - le plan de communication doit en particulier mettre en avant l'attractivité accrue de la filière pour les candidats, grâce à son **leadership** sur la mise en œuvre de l'Industrie du Futur.
- Lancer un outil simple de suivi de l'avancement de chaque entreprise :
 - questionnaire en ligne pour localiser la maturité CP-AG de chaque entreprise ; à intégrer si possible dans un processus de consultation existant (ex. : questionnaire R & D de la DGRI).
- Assurer un suivi régulier du contenu des offres et les faire évoluer pour en garantir la pertinence sur le long terme.

Exemple de porteurs d'actions possibles

- Au niveau national : État (DGE, DGA), GIFAS, Représentants de PME, Alliance IF, Association des régions de France...
- Au niveau local : régions, Direccte (incluant un représentant DGA), *clusters* et pôles de compétitivité, CCI...

Durée de l'action

- Mise en place immédiate

Proposition de structuration des comités au niveau national et local

	Membres possibles	Responsabilités	Interactions
Comité national	Bureau industriel GIFAS Représentants de PME aéronautiques Alliance Industrie du Futur Association des régions de France DGE DGA ...	Valider et mettre à jour la feuille de route Suivre l'avancement global Faire évoluer les offres gérées au niveau national Être le point de contact des acteurs nationaux et internationaux (ex. : filières étrangères)	Contact mensuel entre le Comité national et un représentant local <ul style="list-style-type: none"> ▪ Suivi de l'avancement du déploiement local ▪ Remontée des défis rencontrés pour le comité national
Comité local	Région Direccte (incluant un représentant DGA) Clusters/pôles, représentants des industriels locaux CCI ...	Décliner la feuille de route à l'échelon régional Suivre l'avancement de chaque entreprise Animer le réseau d'acteurs locaux en charge de la mise en œuvre des initiatives Faire évoluer les offres gérées au niveau local	Consolidation annuelle de l'avancement de chaque entreprise

Ce plan de déploiement doit être lancé immédiatement avec la mise en place du comité de pilotage et des premières actions

Les initiatives peuvent être priorisées suivant deux dimensions :

- l'impact qu'elles sont susceptibles d'avoir sur le déploiement des solutions Industrie du Futur au sein de la filière aéronautique française ;
- leur faisabilité compte tenu des ressources nécessaires et des obstacles possibles à leur mise en œuvre.

Il est alors possible de classer ces initiatives suivant trois groupes :

- les initiatives qui ont des enjeux importants mais sont complexes à mettre en œuvre ;
- les initiatives qui sont facilement réalisables mais ont un impact plus limité ;
- les initiatives réalisables simplement et ayant potentiellement un fort impact pour l'ensemble des entreprises de la filière.

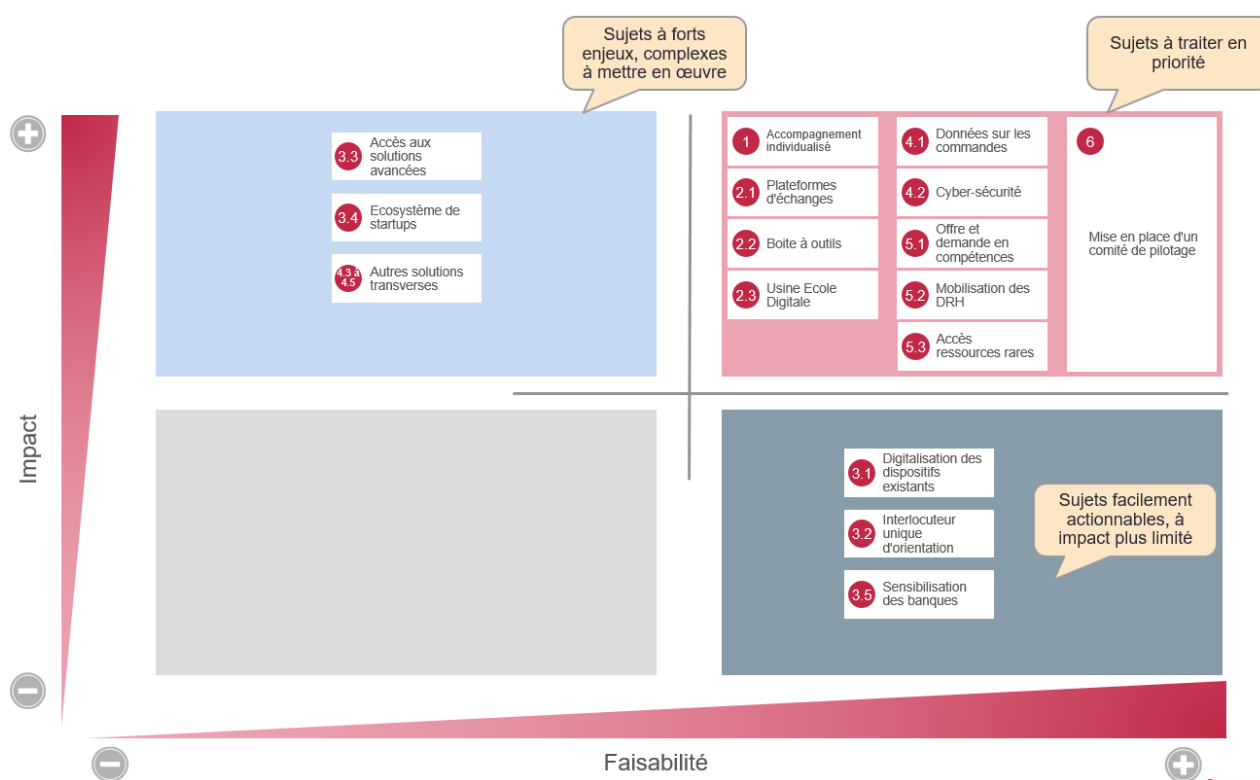


Figure 50 : Matrice de priorisation des initiatives

Si les initiatives du dernier groupe paraissent les plus pertinentes à prioriser, il ne faut pas pour autant exclure les autres initiatives qui peuvent assurer des actions à effet rapide (sujets facilement réalisables comme la mise en place d'un interlocuteur unique d'orientation à l'échelon local) ou bien préparer des victoires à moyen terme (sujets tels que l'amélioration de l'accès aux solutions technologiques avancées).

La stratégie de déploiement doit être lancée immédiatement par la mise en place d'un comité de pilotage et le lancement de premières actions priorisées qui pourront s'appuyer sur les principaux résultats de l'étude. L'ensemble des initiatives retenues devra être inscrit dans une feuille de route au niveau de la filière cadencant les cinq prochaines années de transformation.

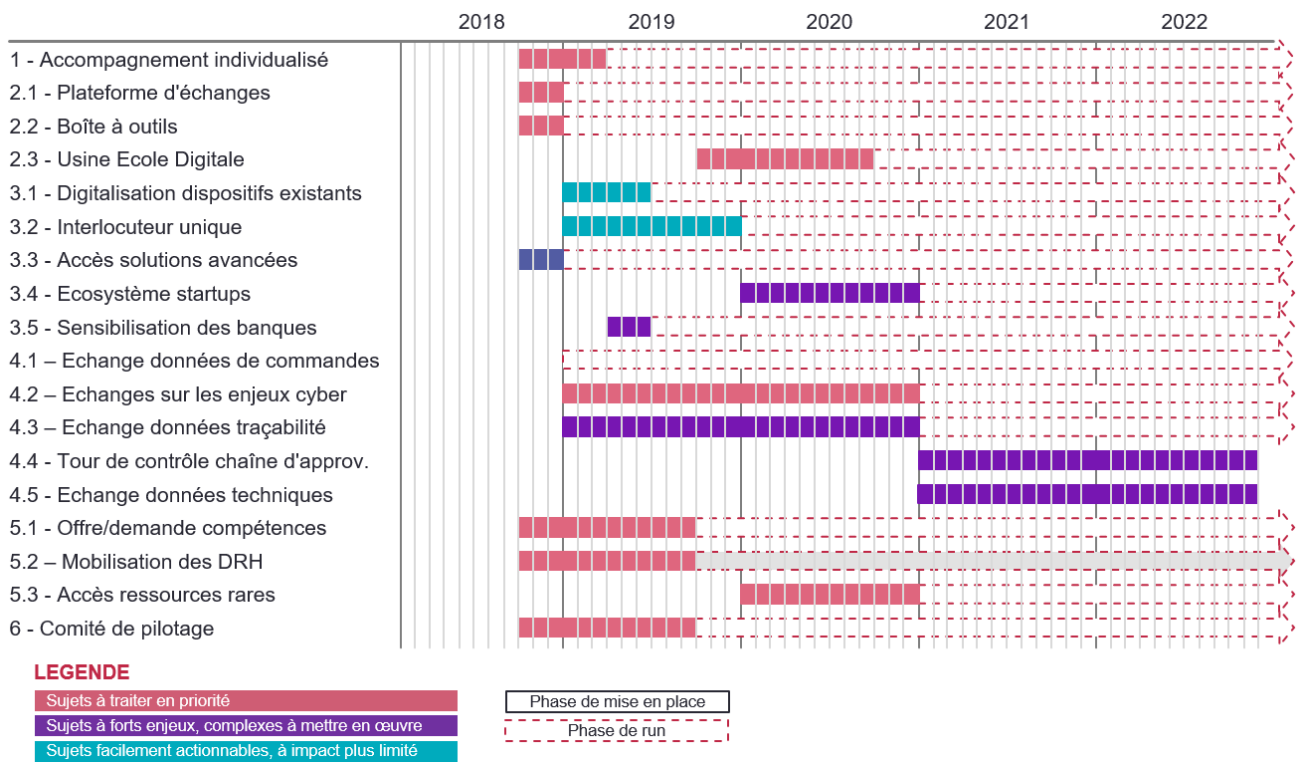


Figure 51 : Illustration d'une possible feuille de route pour la transformation digitale de la filière cadencée sur les cinq ans à venir

CONCLUSION

Dans un contexte de montée en cadence et d'intensification de la concurrence, la filière aéronautique française fait face à un enjeu inédit de compétitivité, d'autant plus marqué pour les petites structures de la filière en proie à une pression croissante. Le déploiement des solutions Industrie du Futur peut permettre de répondre en partie à ce défi en générant des gains substantiels de compétitivité coût et hors coût (en termes de qualité, de flexibilité et d'attractivité de l'emploi). Cependant, les solutions de l'Industrie du Futur sont à ce jour relativement peu déployées dans la filière, compte tenu du potentiel. Les entreprises font face à des freins significatifs tout au long de leur parcours de digitalisation ; de plus la mise en place de solutions transverses se heurte à des obstacles à une collaboration efficace. L'ampleur limitée du déploiement ne doit toutefois pas occulter les dispositifs existants sur lesquels la filière peut s'appuyer, au niveau national et local.

La filière doit immédiatement mettre en œuvre une stratégie volontariste et concertée pour assurer un déploiement global cohérent et réaliser un saut de performance collectif. Cette stratégie doit s'appuyer sur un investissement de la filière et des pouvoirs publics dans cinq domaines d'actions concrètes :

- accompagner les entreprises sur une base individuelle à travers l'octroi de prestations de conseil ;
- sensibiliser, fluidifier les échanges entre industriels ;
- impliquer les parties prenantes extérieures à la filière ;
- accélérer la conception et l'usage de solutions technologiques transverses ;
- anticiper l'adaptation des emplois et des compétences.

La transformation accélérée de la filière doit se traduire par des objectifs ambitieux : à horizon 2022, au moins une entreprise sur deux pourrait ainsi avoir généralisé le déploiement des solutions et constaté un saut de performance.

Le succès de cette stratégie suppose une forte mobilisation à tous les échelons de la filière, depuis les instances de gouvernance nationale, qui devront en assurer le pilotage, jusqu'aux plus petites entreprises, qui devront déployer un effort de changement intense et durable. Ce succès nécessite en particulier l'engagement des grands donneurs d'ordres qui devront montrer l'exemple, partager leurs expériences et leurs solutions, et accompagner les petites structures, dans une logique « gagnant-gagnant ». Enfin, le succès de la démarche devra reposer sur un esprit de collaboration, de confiance et d'échange au sein de la filière.

Pour autant, le déploiement réussi des solutions Industrie du Futur ne répondra pas à lui seul à l'ensemble des défis rencontrés par la filière aéronautique française : d'autres leviers devront être actionnés. L'effort de maturité industrielle engagé par la filière doit être poursuivi, car il est indispensable à l'amélioration des performances industrielles. La modernisation profonde de l'appareil productif (au-delà de sa digitalisation) est un autre levier essentiel pour accroître le saut de performance attendu. La consolidation constitue également un horizon possible pour les plus petites entreprises pour faire face aux exigences de compétitivité. Par ailleurs, une revue des relations contractuelles et commerciales peut contribuer à accroître la visibilité des fournisseurs et favoriser une vue de long terme, propice à l'investissement et à l'embauche, toujours dans une logique « gagnant-gagnant ».

Au-delà des bénéfices directs qu'il pourra induire rapidement, le déploiement des solutions Industrie du Futur favorise également l'activation des autres leviers. Ainsi, ces solutions facilitent la mesure de la performance, clé d'une démarche *Lean*. En améliorant l'équilibre financier des entreprises avec un retour sur investissement rapide, elles contribuent également à accroître leur capacité à investir dans l'appareil productif. Enfin, le développement d'échanges de données standardisées à l'échelle de la filière peut faciliter le rapprochement d'entreprises.

Une stratégie volontariste de déploiement de l'Industrie du Futur constitue donc une opportunité d'accélérer la transformation de la filière pour faire face à un défi de compétitivité sans précédent et bénéficier aux grands donneurs d'ordres, à l'emploi et aux territoires et à la balance commerciale française.

ANNEXES

Annexe 1 : Détails sur les travaux effectués

Les moyens suivants ont notamment été mis en œuvre pour la bonne réalisation de la mission :

- La tenue de travail et d'échanges avec le comité de pilotage
 - Réunion de démarrage le 6 novembre 2017
 - Comité de pilotage élargi n°1 le 12 décembre 2017
 - Comité de pilotage élargi n°2 le 25 janvier 2018
 - Comité de pilotage élargi n°3 le 7 mars 2018
 - Comité de pilotage élargi n°4 le 3 avril 2018
 - *En complément : comités de pilotage restreint organisés toutes les deux semaines*

- La réalisation de vingt-neuf consultations d'industriels du groupe « Miroir »

Acteurs du groupe « Miroir » consultés

AIRBUS	NEXTEAM
ARCONIC	SAFRAN
AUBERT & DUVAL	SEDEMECA
CORIOLIS	SEGULA
CORSE COMPOSITE	SIMAIR
DAHER	STARBURST
DASSAULT AVIATION	STELIA
ECA GROUP	STTS
HEXCEL	SUPERMETAL
LATECOERE	THALES
LIEBHERR	TIMET SAVOIE
LISI	VENTANA
MECACHROME	WE ARE AEROSPACE
MECAPROTEC	ZODIAC
MICHELIN	

- La tenue de trois ateliers de travail avec le groupe Miroir
 - Atelier avec le groupe Miroir n°1 le 17 janvier 2018
 - Atelier avec le groupe Miroir n°2 le 14 février 2018
 - Atelier avec le groupe Miroir n°3 le 28 mars 2018

- La réalisation de huit consultations auprès d'autres acteurs industriels et fournisseurs de solutions technologiques

Autres acteurs industriels consultés

ALTRAN	LAUAK
BOOSTAEROSPACE	MICROSOFT
DASSAULT SYSTEMES	STRATUMN
JPB SYSTEM	TULIP

- La réalisation de quatorze échanges auprès d'autres acteurs de la filière et d'acteurs publics

Autres acteurs industriels consultés	
AEROSPACE VALLEY	Dircccte Île-de-France
ALLIANCE INDUSTRIE DU FUTUR	Dircccte Occitanie
BPI accélérateur	Dircccte PACA
BPI innovation	IUT MIDI PYRENEES
CAMPUS Ile-de-France	SPACE
Dircccte Aquitaine	SYSTEMATIC
Dircccte Centre Val de Loire	TOULOUSE BUSINESS SCHOOL

- La réalisation d'une consultation en ligne diffusée auprès de 878 entreprises aéronautiques par le GIFAS et les *clusters* aéronautiques régionaux. Le détail du questionnaire, de la cartographie des répondants et des résultats de la consultation sont fournis dans l'annexe 3.

166 entreprises ont répondu, reflétant la diversité de la filière aéronautique :

- 135 entreprises de moins de 100 M€ de chiffre d'affaires, 31 au-delà ;
- 105 sont indépendantes, 61 appartiennent à un groupe ;
- 60 ont moins de 50 salariés, 61 ont entre 50 et 250 salariés, 21 ont entre 250 et 1 000 salariés, 24 ont plus de 1 000 salariés ;
- 10 métiers sont représentés.

Annexe 2 : Matrices de synthèse des enjeux et recommandations

		Enjeux particulièrement importants pour les entreprises...			
		Civil Rang 1	Civil Rang 2+	Défense Rang 1	Défense Rang 2+
Enjeux détaillés (Volet 1)					
Accroître la performance (en coût, qualité et délai)	Améliorer la performance opérationnelle	✓	✓	✓	✓
	Continuer à diversifier la base clients	✓	✓		
Gagner en flexibilité et en agilité	Concevoir partout et de produire n'importe où	✓	✓		
	Travailler avec ses clients pour faciliter les transferts de technologie			✓	✓
	Décloisonner civil et militaire pour plus d'agilité			✓	✓
Croître	Proposer des produits adaptés aux justes besoins des clients			✓	
	Augmenter la capacité financière		✓		✓
Recruter et former	Préparer d'éventuelles consolidations européennes à venir			✓	✓
	Accroître les compétences disponibles		✓		✓

DEFIS OPERATIONNELS A RELEVIER POUR ADRESSER LES ENJEUX IDENTIFIES (VOLET 2)												
	Réduire les tâches sans valeur ajoutée	Augmenter la productivité des personnels	Augmenter la productivité des machines	Optimiser les capacités disponibles	Réduire les temps de développement et d'industrialisation	Réduire les stocks	Réduire la non-qualité	Augmenter la visibilité sur la demande et sa variation	Sécuriser l'échange des données	Augmenter la traçabilité des pièces critiques et de leurs documents	Améliorer le suivi de performance de la chaîne d'approvisionnement	Fluidifier les échanges de données techniques en développement et production
Accroître la performance (en coût, qualité et délai)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Gagner en flexibilité et en agilité		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓
Croître	Impact indirect, dans la mesure où la performance doit in fine améliorer la situation financière et donc la capacité d'investissement											
Recruter et former	✓	✓										

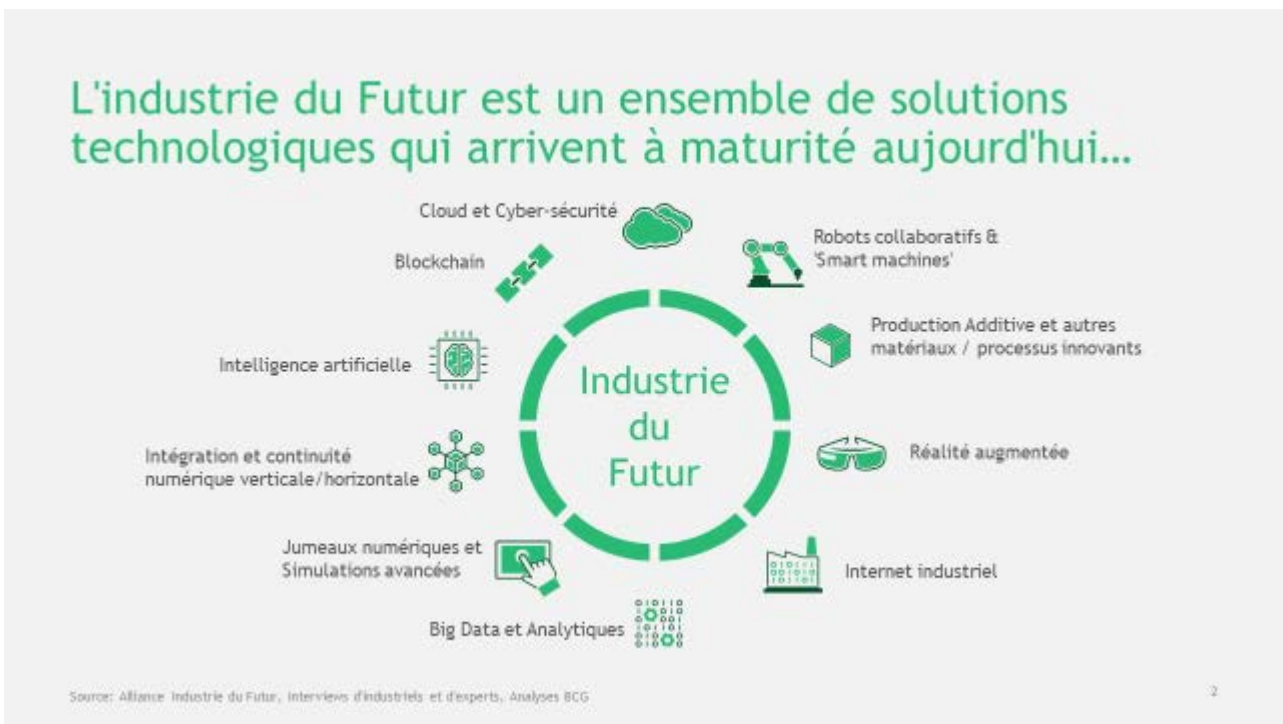
SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES PARTICULIEREMENT ADAPTEES POUR SURMONTER LES DEFIS OPERATIONNELS (VOLET 2)									
Cas d'usage correspondants présentés dans le rapport									
Robots collaboratifs et 'Smart machines'	Production Additive et autres matériaux / processus innovants	Réalité augmentée	Internet industriel et objets connectés	Big Data et Analytique	Jumeaux numériques et Simulations avancées	Intégration et continuité numérique verticale / horizontale	Intelligence artificielle	Blockchain	Cloud et Cyber-sécurité
Réduire les tâches sans valeur ajoutée	✓						✓		
Augmenter la productivité des personnels	✓	✓	✓	✓		✓			
Augmenter la productivité des machines			✓	✓					
Optimiser les capacités disponibles				✓	✓				
Réduire les temps de développements et d'industrialisation	✓				✓	✓			
Réduire les temps de cycle	✓				✓	✓			
Réduire les stocks	✓				✓	✓			
Réduire la non-qualité	✓	✓	✓	✓					
Augmenter la visibilité sur la demande et sa variation						✓			✓
Sécuriser l'échange des données									✓
Augmenter la traçabilité des pièces critiques et de leurs documents			✓			✓		✓	✓
Améliorer le suivi de performance de la chaîne d'approvisionnement				✓		✓	✓		✓
Fluidifier les échanges de données techniques en développement et production						✓			✓

DEFIS OPERATIONNELS VOLET 2

ELEMENTS DE LA STRATEGIE DE DEPLOIEMENT PERMETTANT DE LEVER CES FREINS (VOLET 4)																				
	1. Accompagnement individualisé	2.1 Plate-formes d'échanges	2.2 Boîte à outils	2.3 Usine Ecole Digitale	3.1 Digitalisation des dispositifs existants	3.2 Interacteur unique	3.3 Accès solutions avancées	3.4 Eco-système startups	3.5 Sensibilisation des banques	4.1 AirSupply / AirConnect	4.2 AirCyber	4.3 AirTrack	4.4 Tour de contrôle	4.5 Echange données techniques	5.1 Evolution formations	5.2 Mobilisation des DRH	5.3 Accès ressources rares	6. Pilage		
Compréhension	Manque de prise de conscience de l'urgence à engager la transformation [C]	✓		✓	✓										✓			✓		
	Méconnaissance et doute sur les solutions (faisabilité, accessibilité, ROI) [C]	✓	✓	✓	✓															
	Manque de visibilité ou de capacité d'engagement pour envisager des investissements [C]	✓							✓											
	Manque d'une culture de changement et de collaboration [C]	✓	✓		✓											✓			✓	
Préparation	Manque d'exemplarité et d'accompagnement chez les donneurs d'ordre [C]	✓								✓	✓	✓	✓	✓						
	Anticipation de manque de ressources (humaines, financières) [P]	✓				✓		✓	✓						✓	✓	✓			✓
	Manque de méthodologie pour identifier les solutions et bâtir une feuille de route [P]	✓		✓												✓				
	Difficultés à identifier et choisir les fournisseurs de solutions [P]	✓	✓	✓	✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓						
Activation	Manque de compétences pour lancer l'exécution (gestion de projet, automatisation, SI) [A]	✓		✓											✓	✓	✓			✓
	Problèmes pour interconnecter les solutions et sécuriser les données [A]	✓								✓	✓	✓	✓	✓						
	Difficulté à mesurer les impacts des pilotes [A]	✓		✓																
	Manque de capacité de conduite du changement, résistance au changement [C]	✓			✓										✓	✓	✓			✓
Généralisation	Manque de financement [G]								✓											
	Manque de compétences techniques (notamment intégrateurs, automaticiens, programmeurs) [G]	✓			✓										✓	✓	✓			✓
	Difficulté à bâtir des architectures IT inter-sites robustes et sécurisées [G]	✓																		
	Manque de concertation sur la conception de solutions transverses [transverse]	✓								✓	✓	✓	✓	✓						✓
Transverses	Difficultés à établir des normes communes [transverse]								✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓
	Craintes sur la propriété intellectuelle et les cyber-risques [transverse]										✓									
	Nécessité de raisonner à l'échelle internationale [transverse]									✓	✓	✓	✓	✓						✓
	Collaboration limitée entre petits fournisseurs et donneurs d'ordre [transverse]																			

Annexe 3 : Consultation en ligne

Questionnaire



1. Caractériser l'entreprise

1.0 Merci de saisir votre adresse e-mail ci-dessous, à des fins de vérification. Vos réponses resteront strictement confidentielles

1.1 Votre entreprise :

- a/ est indépendante
- b/ appartient à un groupe

1.2 Quel a été le niveau de chiffre d'affaires de votre entreprise en 2017 ?

- a/ Moins de 10 M€
- b/ 10 M€-25 M€
- c/ 25 M€ -50 M€
- d/ 50 M€-100 M€
- e/ 100 M€-500 M€
- f/ 500 M€-1 500 M€
- g/ Plus de 1 500 M€

1.3 Combien d'employés compte votre entreprise à fin 2017 ?

- a/ Moins de 10
- b/ 10-50
- c/ 50-250
- d/ 250-1 000
- e/ 1 000-5 000
- f/ Plus de 5 000

1.4 Quelle part l'aéronautique représente-t-elle dans votre chiffre d'affaires ?

- a/ 100 %
- b/ 60-99 %
- c/ 30-60 %
- d/ Moins de 30 %

1.5 Quels sont vos secteurs d'activité dans le domaine aéronautique ? (Choix multiples)

- a/ Avions commerciaux
- b/ Avions régionaux
- c/ Avions d'affaires
- d/ Hélicoptères civils
- e/ Avions et hélicoptères militaires

1.6 À quelle filière votre société contribue-t-elle le plus (en termes de chiffre d'affaires) ?

- a/ Aerostructure
- b/ Propulsion
- c/ Électroniques/avioniques
- d/ Équipement cabine/ Autre système (ex. : distribution électrique, hydraulique)

1.7 Si applicable, quel(s) type(s) de métier(s) industriel(s) effectue(nt) votre entreprise ? (Choix multiples)

- a/ Fabrication d'alliages
- b/ Tôlerie/chaudronnerie
- c/ Forge/fonderie
- d/ Usinage
- e/ Fabrication de composites/plastique
- f/ Traitement de surface et thermique
- g/ Fabrication de composants électriques/câblages
- h/ Fabrication de composants électroniques
- i/ Assemblage
- j/ Services

1.8 De combien de personnes est composé votre bureau d'études ?

- a/ 0 – Pas de bureau d'études
- b/ 1-30
- c/ 31-100
- d/ Plus de 100

1.9 Quelle part de chiffre d'affaires⁷² est générée par votre principal client ?

- a/ Plus de 70 %
- b/ 40-70 %
- c/ Moins de 40 %
- d/ Ne sait pas

1.10 Quelle part de chiffre d'affaires est générée à l'export ?

- a/ Moins de 20 %
- b/ 20-50 %
- c/ Plus de 50 %
- d/ Ne sait pas

1.11 Avez-vous une implantation dans un pays à bas coût ?

- a/ Oui
- b/ Non

1.12 Quelle est votre performance de livraison à l'heure (OTD) actuelle ?

- a/ Plus de 95 %
- b/ 85-95 %
- c/ 75-85 %
- d/ 60-75 %
- e/ Moins de 60 %
- f/ Ne sait pas

1.13 Sur les deux dernières années, quelle est la part approximative de votre investissement consacrée à l'Industrie du Futur ?

- a/ Plus de 70 %
- b/ 40-70 %
- c/ 10-40 %
- d/ Moins de 10 %
- e/ Ne sait pas

1.14 Comment voyez-vous la part d'investissement consacrée à l'Industrie du Futur évoluer en 2018 par rapport à 2017 ?

- a/ Augmentation
- b/ Maintien
- c/ Diminution
- d/ Ne sait pas

2. Comprendre quelles solutions ont été déployées

2.1 Globalement, comment jugez-vous à ce stade votre niveau d'avancement dans le déploiement des solutions de l'Industrie du Futur (telles qu'énoncées précédemment) ?

- a/ Pas de vision claire de ce que ces solutions représentent
- b/ Compréhension de ces solutions, mais pas de préparation de mise en place à ce stade
- c/ Premières solutions identifiées
- d/ Premières mesures mises en place
- e/ Solutions généralisées

⁷² En intégrant le cas échéant le chiffre d'affaires consolidé réalisé par vos filiales

2.2 Quelle(s) tâche(s) avez-vous effectuée(s) pour déployer les solutions Industrie du Futur ? (Choix multiples)

- a/ Mettre en place une équipe dédiée en charge des projets Industrie du Futur
- b/ Effectuer des audits/diagnostics pour identifier les solutions et cas d'application pertinents
- c/ Construire un écosystème de partenaires technologiques sur qui s'appuyer
- d/ Mettre en place une méthode de calcul des retours sur investissements
- e/ Identifier les supports/aides existants (exemple : financement, expertise) au niveau des donneurs d'ordres, de la filière et des pouvoirs publics
- f/ Construire et mettre à jour une feuille de route pour le déploiement des solutions
- g/ Lancer un programme lié à l'infrastructure des technologies d'information et de communication
- h/ Lancer un programme RH pour accompagner ces changements

2.3 Quel est votre état de déploiement des solutions Industrie du Futur par domaine fonctionnel ? (Une seule réponse par ligne)

	a/ Pas encore préparé	b/ Premières solutions identifiées	c/ Premières mesures mises en place	d/ Solutions généralisées
Conception de produit				
Industrialisation / Production				
Achat				
Supply chain / logistique				
Services				
Management Programme				
Ventes et Marketing				
Fonction support				

2.4 Pour chacune des solutions telles que définies ci-dessous, quel est votre niveau de déploiement actuel ? (une seule réponse par ligne)

	a/ Aucune réflexion	b/ Réflexion et analyses en cours	c/ Analyses terminées et solution écartée	d/ Analyses terminées et solution retenue	e/ Pilote effectué	f/ Solution déployée	g/ Impact mesuré
Robots collaboratifs & 'Smart machines'							
Internet industriel							
Big Data et Analytiques							
Cloud et Cyber-sécurité							
Intégration verticale/ horizontale							
Simulations avancées							
Production additive, autres Matériaux / processus innovants							
Réalité augmentée							
Intelligence artificielle							
Blockchain							

AirSupply est un outil soutenu par le GIFAS pour aider à intégrer la filière en structurant la relation client-fournisseur

2.5 Connaissez-vous AirSupply ?

- a/ Oui
- b/ Non

2.6 En mode « sell side » (avec vos clients), utilisez-vous AirSupply ?

- a/ Avec tous vos clients
- b/ Avec une majorité de clients
- c/ Avec certains clients
- d/ Avec aucun client
- e/ Ne sait pas

2.7 En mode « buy side » (avec vos fournisseurs), utilisez-vous AirSupply ?

- a/ Avec tous vos fournisseurs
- b/ Avec une majorité de fournisseurs
- c/ Avec certains fournisseurs
- d/ Avec aucun fournisseur
- e/ Ne sait pas

3. Estimer l'impact du déploiement de ces solutions

Quels bénéfices attribuez-vous directement à l'introduction de solutions Industrie du Futur dans vos opérations...

3.1 En termes d'augmentation du taux de qualité : part de vos produits « bons du premier coup » (« right first time ») ?

- a/ Aucune augmentation
- b/ Augmentation de moins de 5 %
- c/ Augmentation de 5-15 %
- d/ Augmentation de plus de 15 %
- e/ Non applicable ou non mesurable

3.2 En termes d'augmentation de livraison à l'heure (OTD)

- a/ Aucune augmentation
- b/ Augmentation de moins de 5 %
- c/ Augmentation de 5-15 %
- d/ Augmentation de plus de 15 %
- e/ Non applicable ou non mesurable

3.3 En termes de réduction du temps de cycle de production (fabrication/assemblage)

- a/ Aucune réduction
- b/ Réduction de moins de 5 %
- c/ Réduction de 5-30 %
- d/ Réduction de plus de 30 %
- e/ Non applicable ou non mesurable

3.4 En termes de réduction des coûts opérationnels

- a/ Aucune réduction
- b/ Réduction de moins de 5 %
- c/ Réduction de 5-10 %
- d/ réduction de plus de 10 %
- e/ Non applicable ou non mesurable

3.5 En termes d'augmentation des revenus

- a/ Aucune augmentation
- b/ Augmentation de moins de 5 %
- c/ Augmentation de 5-10 %
- d/ Augmentation de plus de 10 %
- e/ Non applicable ou non mesurable

3.6 Dans quelle mesure les investissements annuels (CAPEX) ont-ils évolué avec le déploiement des solutions ?

- a/ Diminution de plus de 10 %
- b/ Diminution de 0-10 %
- c/ Pas d'évolution
- d/ Augmentation de 0-10 %
- e/ Augmentation de plus de 10 %
- f/ Ne sait pas

4. Décrire les défis rencontrés et les supports nécessaires

4.1 Quels sont les principaux défis ou freins rencontrés par votre entreprise pour déployer les solutions Industrie du futur ? (Choix multiples)

- a/ Craintes concernant la sécurité des données
- b/ Problème pour interconnecter les solutions avec les systèmes d'information actuels
- c/ Résistance au changement de l'encadrement
- d/ Résistance au changement des équipes (techniciens, opérateurs)
- e/ Manque de personnel qualifié pour identifier les solutions
- f/ Manque de personnel qualifié pour déployer les solutions
- g/ Manque de personnel qualifié pour opérer et maintenir les solutions
- f/ Manque de budget pour les investissements nécessaires
- g/ Incertitude sur le retour sur investissement
- h/ Doute ou méconnaissance de la maturité de la technologie
- i/ Problèmes avec les fournisseurs de solutions (identification, pérennité, dépendance...)
- j/ Difficulté à déployer à grande échelle les solutions
- k/ Nécessité de faire recertifier les pièces ou les processus par le donneur d'ordres et/ou incertitudes liées à cette certification
- l/ Autres : Xxx

4.2 De quels types de support auriez-vous besoin en priorité pour accélérer le déploiement ? (Choix multiples)

- a/ Support dans la formation des collaborateurs
- b/ Support pour le recrutement de nouvelles compétences
- c/ Support technique pour identifier les bons cas d'application
- d/ Support technique pour trouver les bons fournisseurs de solutions
- e/ Support pour accompagner le changement
- f/ Support financier
- g/ Dialogue avec le donneur d'ordres
- h/ Évolution des normes
- g/ Autres : Xxx

Résultats





Résultats à plat

Résultats croisés avec la taille des entreprises



2

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.



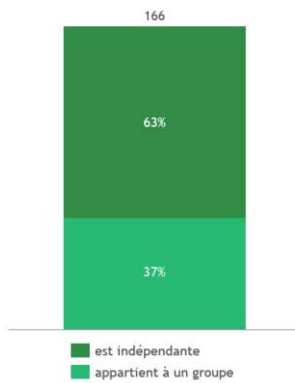
Résultats à plat

3

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

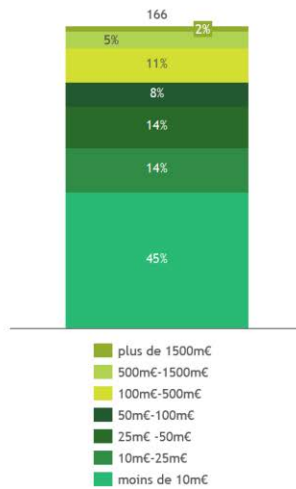
Cartographie des 166 entreprises qui ont répondu à la consultation

1.1. Votre entreprise

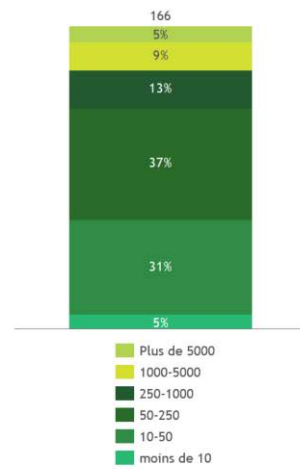


Source : consultation en ligne Industrie du futur

1.2. Quel a été le niveau de chiffre d'affaires de votre entreprise en 2017?



1.3. Combien d'employés compte votre entreprise à fin 2017?

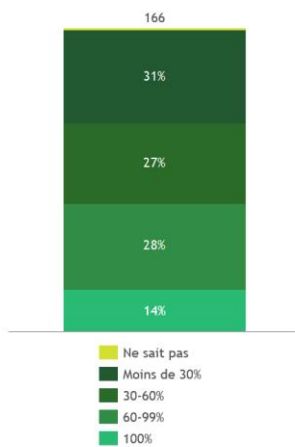


4

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

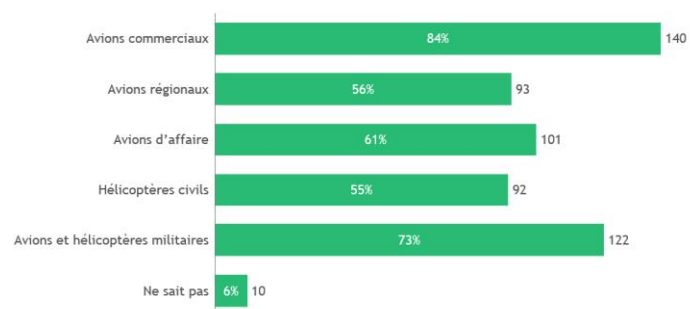
Cartographie des 166 entreprises qui ont répondu à la consultation

1.4. Quelle part l'aéronautique représente-t-elle dans votre chiffre d'affaires?



Source : consultation en ligne Industrie du futur

1.5. Quels sont vos secteurs d'activité dans le domaine aéronautique?

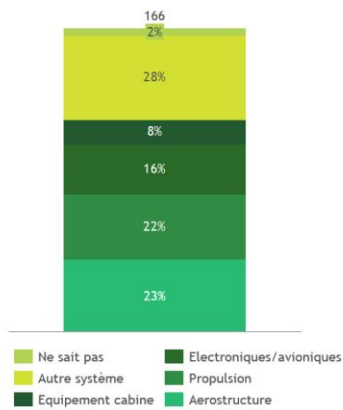


5

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

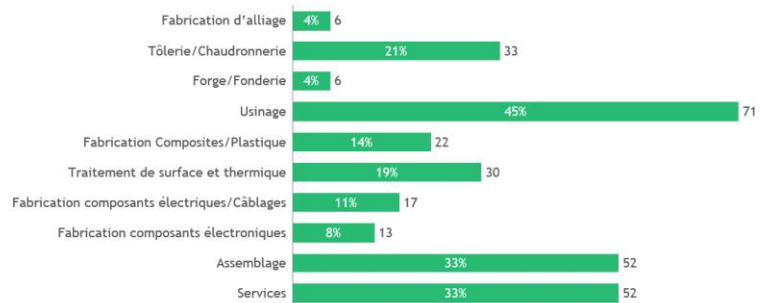
Cartographie des 166 entreprises qui ont répondu à la consultation

1.6. A quelle filière votre société contribue-t-elle le plus (en terme de chiffre d'affaire)?



Source : consultation en ligne Industrie du futur

1.7. Si applicable, quels types de métier(s) industriel(s) effectue votre entreprise?

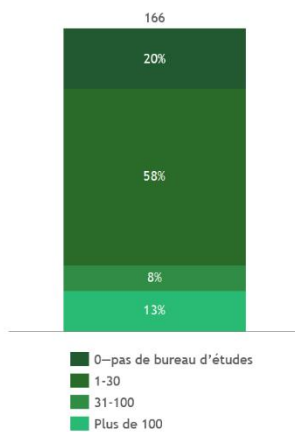


Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

6

Cartographie des 166 entreprises qui ont répondu à la consultation

1.8. De combien de personnes est composé votre bureau d'étude?



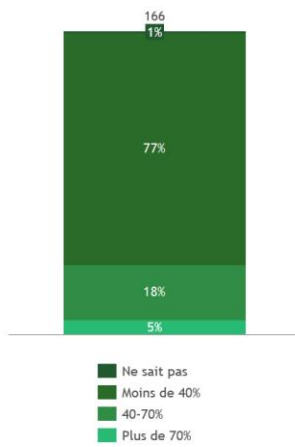
Source : consultation en ligne Industrie du futur

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

7

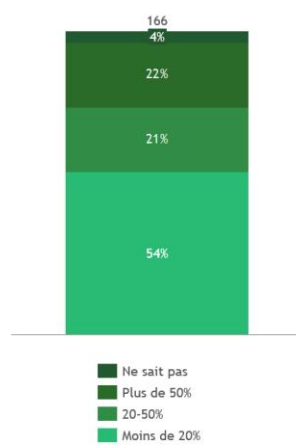
Cartographie des 166 entreprises qui ont répondu à la consultation

1.9. Quelle part de chiffre d'affaires est générée par votre principal client ?

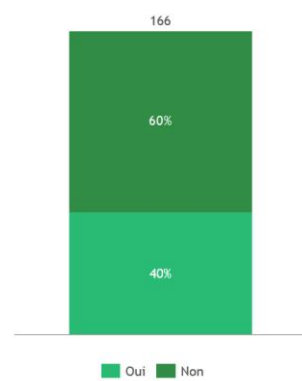


Source : consultation en ligne Industrie du futur

1.10. Quelle part de chiffre d'affaires est générée à l'export ?



1.11. Avez-vous une implantation dans un pays à bas coût ?

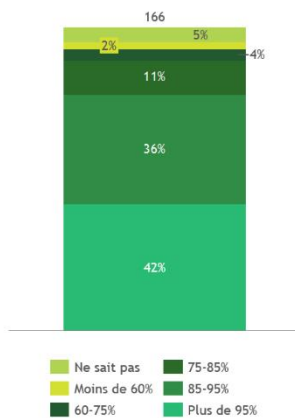


8

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Cartographie des 166 entreprises qui ont répondu à la consultation

1.12. Quelle est votre performance de livraison à l'heure (OTD) actuelle ?



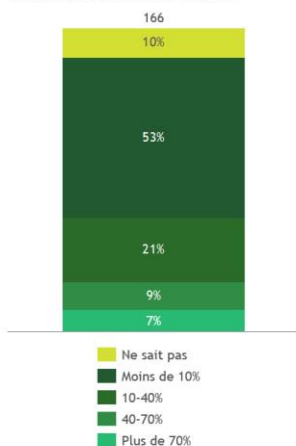
Source : consultation en ligne Industrie du futur

9

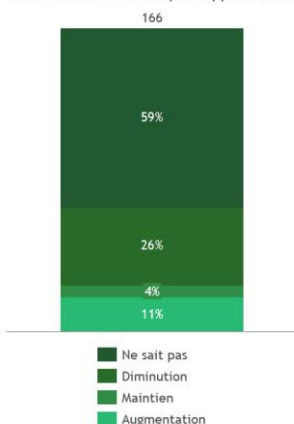
Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Cartographie des 166 entreprises qui ont répondu à la consultation

1.13. Sur les deux dernières années, quelle est la part approximative de votre investissement consacrée à l'industrie du futur?



1.14. Comment voyez-vous la part d'investissement consacrée à l'industrie du futur évoluer en 2018 par rapport à 2017?



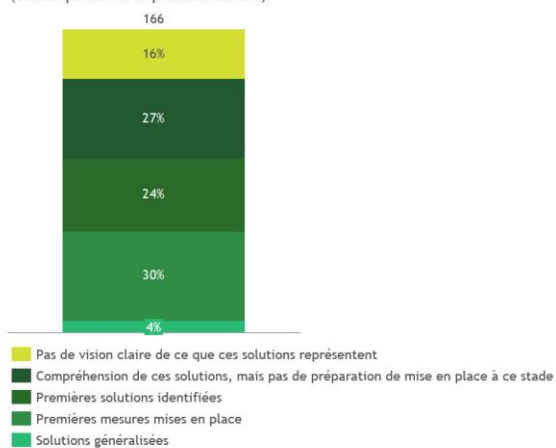
Source : consultation en ligne Industrie du futur

10

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Une faible maturité globale des entreprises, 43% n'ont pas initié de démarche ou identifié de solutions Industrie du Futur

2.1. Globalement, comment jugez-vous à ce stade votre niveau d'avancement dans le déploiement des solutions de l'Industrie du Futur (telles qu'énoncées précédemment)?



Source : consultation en ligne Industrie du futur

2.2. Quelle(s) tâche(s) avez-vous effectuée(s) pour déployer les solutions Industrie du Futur?



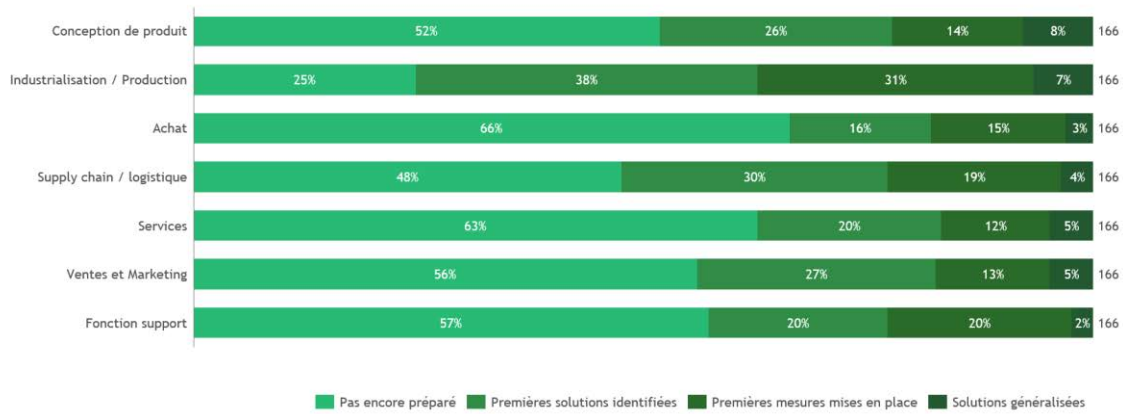
Nombre de tâches effectuées en moyenne: 2.4

11

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

La fonction la plus avancée en termes d'industrie du futur est la production, mais la plupart des fonctions en sont à un stade de déploiement préliminaire

2.3. Quel est votre état de déploiement des solutions Industrie du Futur par domaine fonctionnel?



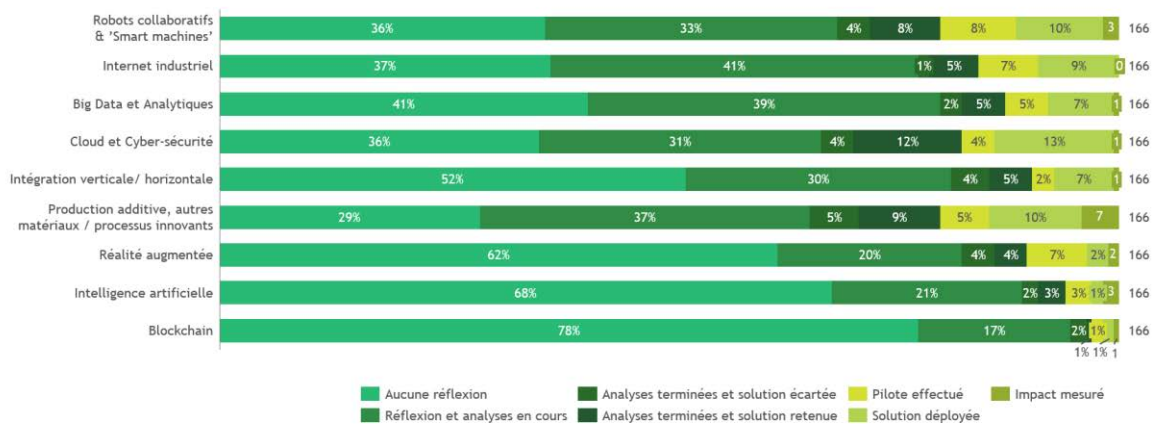
Source : consultation en ligne Industrie du futur

12

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Peu de solutions dépassent en moyenne le stade de réflexion à l'heure actuelle, les impacts sont très peu mesurés

2.4. Pour chacune des solutions telles que définies ci-dessous, quel est votre niveau de déploiement actuel?



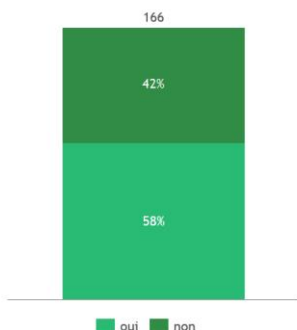
Source : consultation en ligne Industrie du futur

13

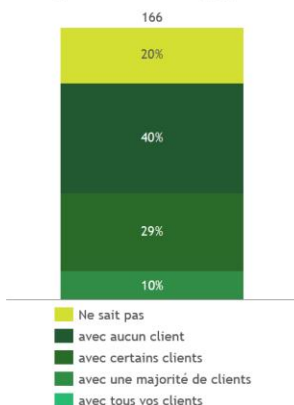
Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

La solution filière AirSupply est connue mais peu utilisée, notamment en mode "buy side"

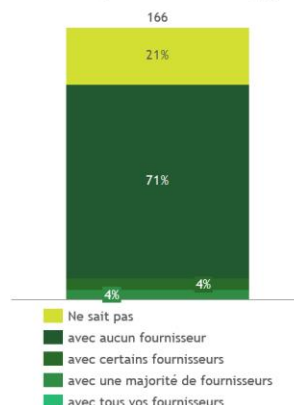
2.5. Connaissez-vous AirSupply?



2.6. En mode "sell side" (avec vos clients), utilisez-vous AirSupply ... ?



2.7. En mode "buy side" (avec vos fournisseurs), utilisez-vous AirSupply ... ?



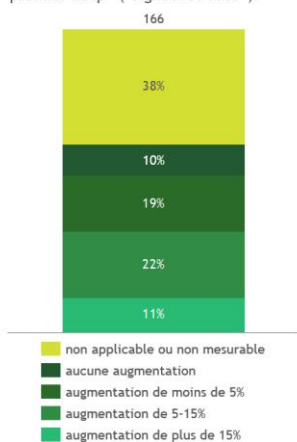
Source : consultation en ligne Industrie du futur

14

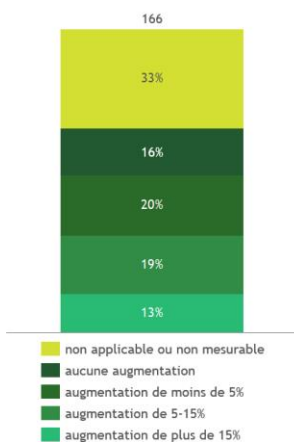
Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Les réponses traduisent un impact difficile à quantifier ou faible pour un grand nombre d'entreprises

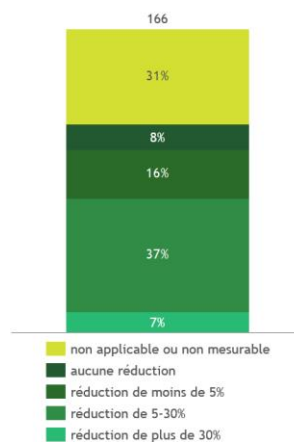
3.1. En termes d'augmentation du taux de qualité: part de vos produits "bons du premier coup" ("right first time")?



3.2. En termes d'augmentation de livraison à l'heure (OTD)



3.3. En termes de réduction du temps de cycle de production (fabrication/assemblage)



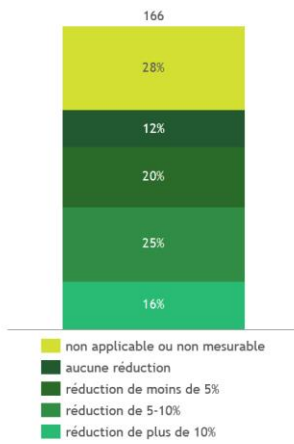
Source : consultation en ligne Industrie du futur

15

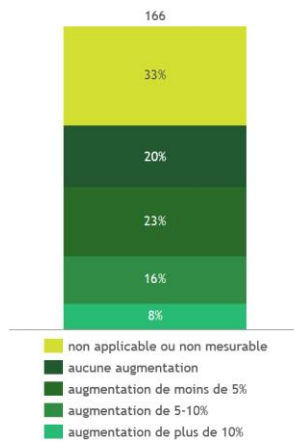
Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Les réponses traduisent un impact difficile à quantifier ou faible pour un grand nombre d'entreprises

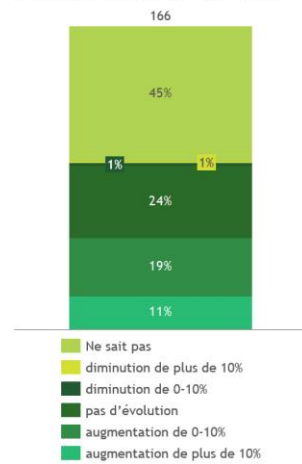
3.4. En termes de réduction des coûts opérationnels



3.5. En termes d'augmentation des revenus



3.6. Dans quelle mesure les investissements annuels (CAPEX) ont-ils évolué avec le déploiement des solutions?



Source : consultation en ligne Industrie du futur

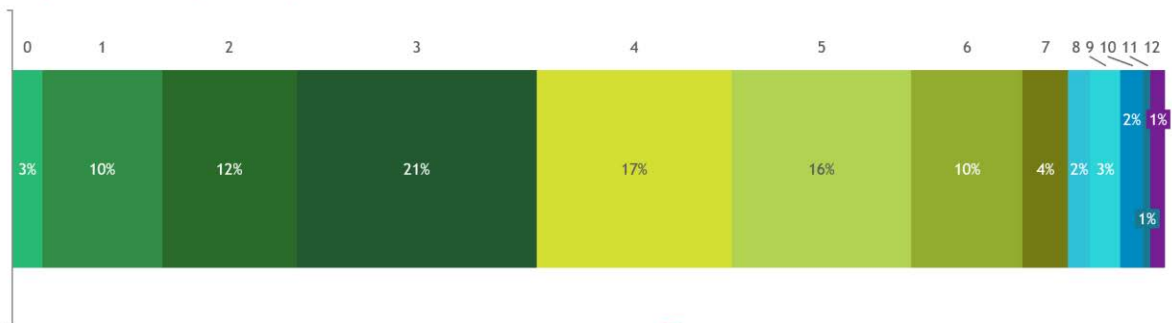
16

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

75% des répondants identifient au moins 3 freins, 23% en mentionnent 6 ou plus

4.1. Quels sont les principaux défis ou freins rencontrés par votre entreprise pour déployer les solutions Industrie du futur?

Répartition des répondants par nombre de freins identifiés



4.2. Freins identifiés en moyenne

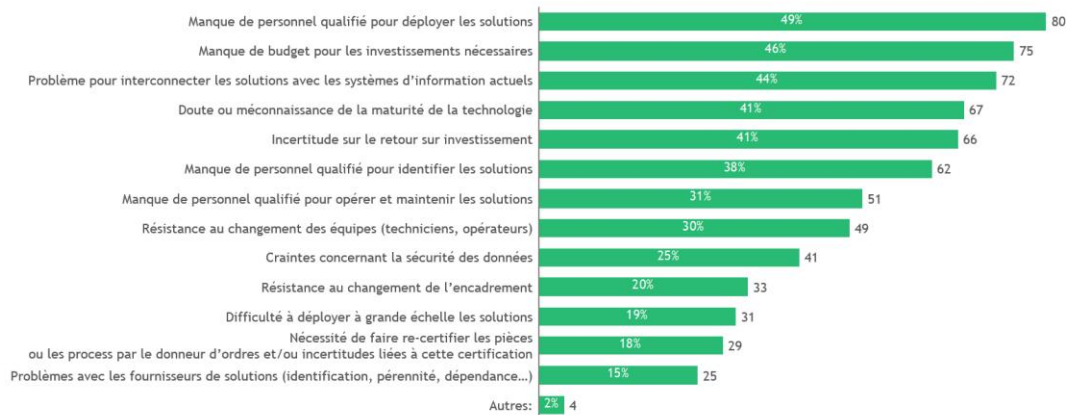
Source : consultation en ligne Industrie du futur

17

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Les principaux freins sont le manque de personnel qualifié, le manque de budget, et les difficultés pour interconnecter les solutions aux SI actuels

4.1. Quels sont les principaux défis ou freins rencontrés par votre entreprise pour déployer les solutions Industrie du futur?



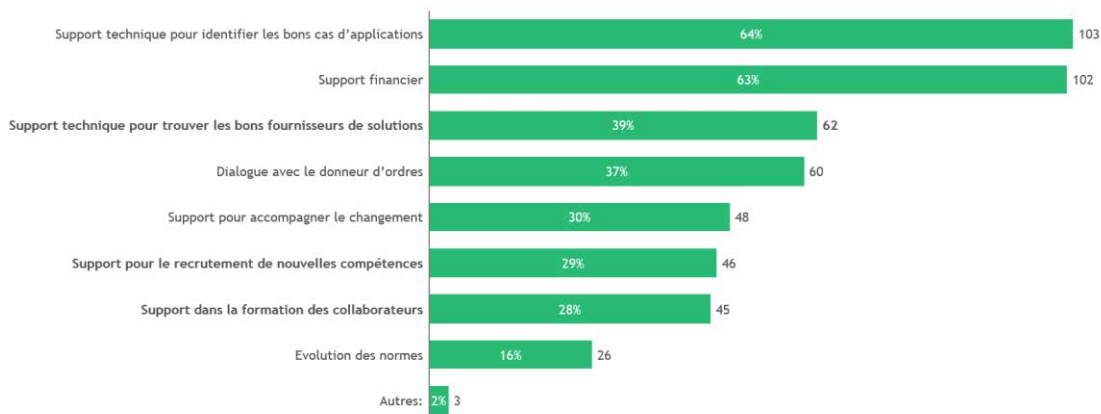
Source : consultation en ligne Industrie du futur

18

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Support financier et support technique pour identifier les bons cas d'applications sont les nécessités les plus évoquées

4.2. De quels types de support auriez-vous besoin en priorité pour accélérer le déploiement?



Source : consultation en ligne Industrie du futur

19

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.



Résultats croisés avec la taille des entreprises

20

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Les entreprises ont été segmentées en deux segments selon leur chiffre d'affaires

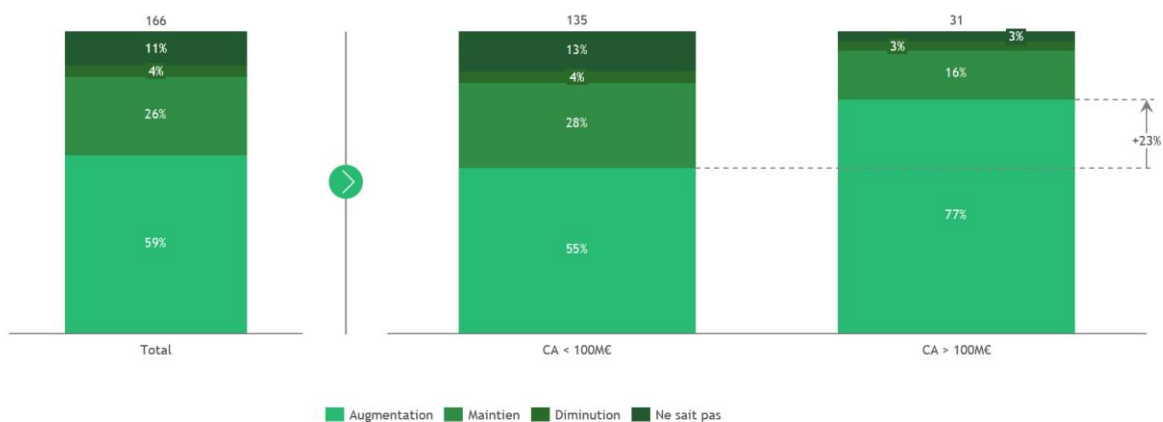


21

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Les grandes entreprises sont plus nombreuses à vouloir augmenter leur investissement dans le digital que les petites

1.14. Comment voyez-vous la part d'investissement consacrée à l'industrie du futur évoluer en 2018 par rapport à 2017?



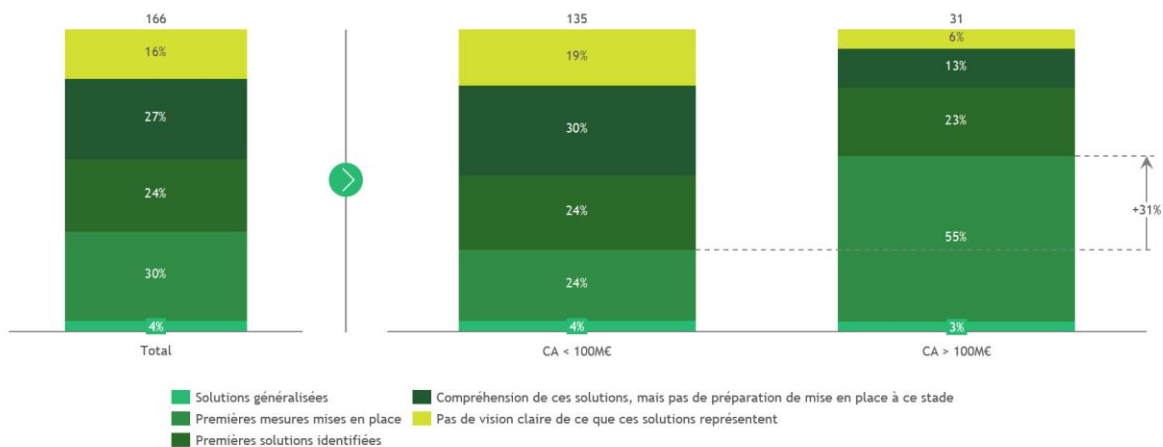
Source : consultation en ligne Industrie du futur

22

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

58% des grandes entreprises ont au moins pris des premières mesures, contre 28% des petites entreprises

2.1. Globalement, comment jugez-vous à ce stade votre niveau d'avancement dans le déploiement des solutions de l'Industrie du Futur (telles qu'énoncées précédemment)?



Source : consultation en ligne Industrie du futur

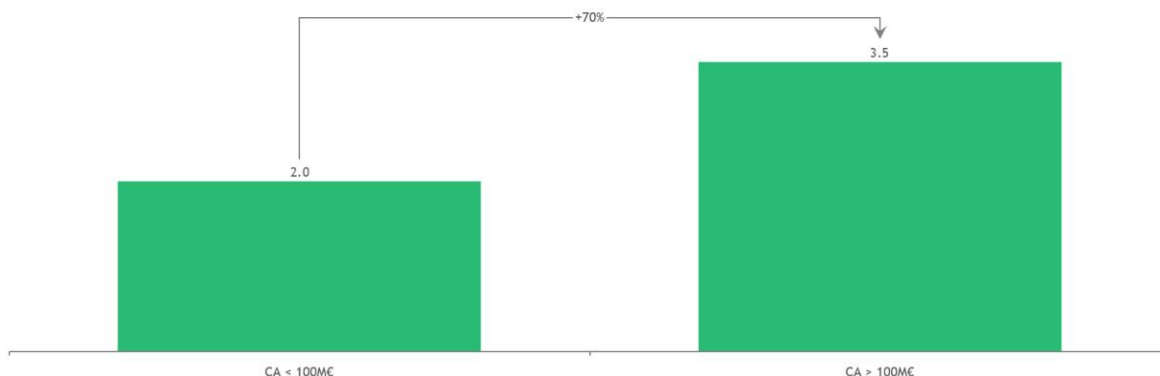
23

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Les grandes entreprises ont effectué 70% de tâches en plus pour déployer les solutions industrie du futur

2.2. Quelle(s) tâche(s) avez-vous effectuée(s) pour déployer les solutions Industrie du Futur?

Nombre de tâche effectuées en moyenne

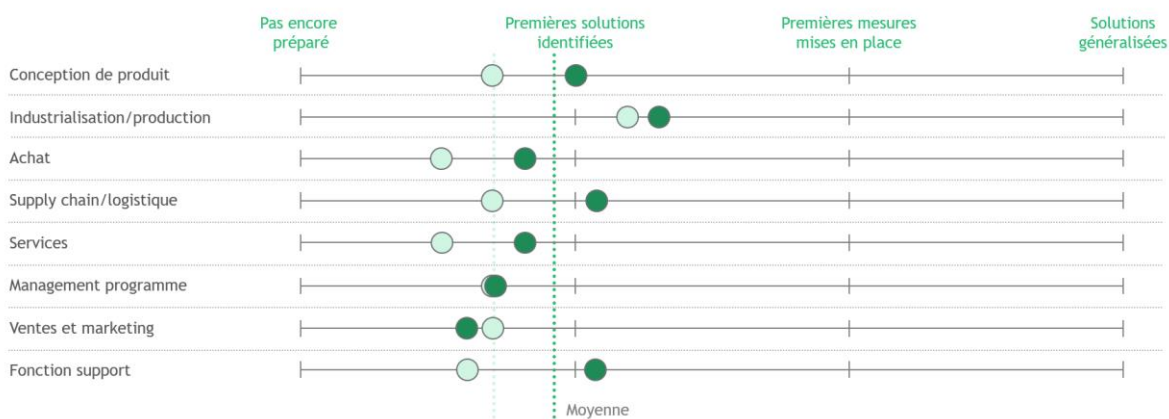


Source : consultation en ligne Industrie du futur

24

Les grandes entreprises ont déployés les solutions industrie du futur à un niveau plus avancé par fonction

2.3. Quel est votre état de déploiement des solutions Industrie du Futur par domaine fonctionnel?



● CA < 100M€ ● CA > 100M€

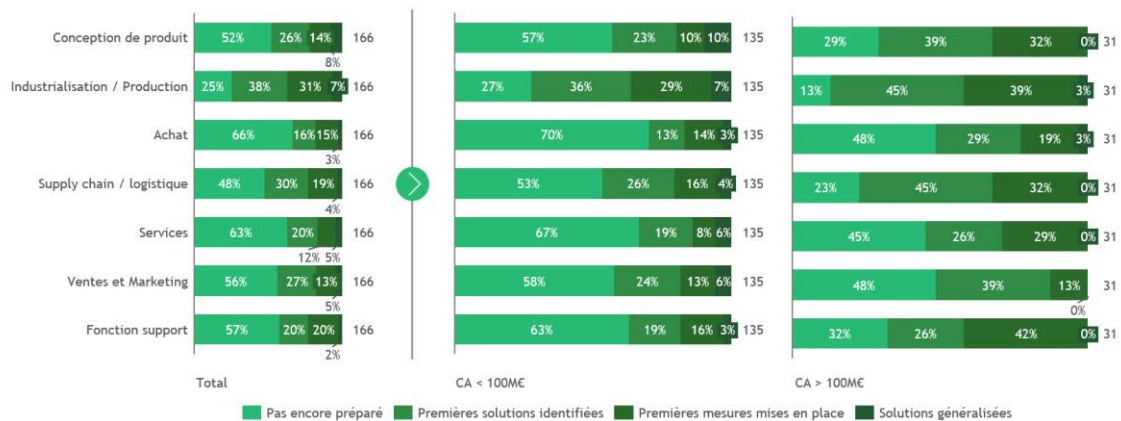
Source : consultation en ligne Industrie du futur

25

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Les grandes entreprises ont déployés les solutions industrie du futur à un niveau plus avancé par fonction

2.3. Quel est votre état de déploiement des solutions Industrie du Futur par domaine fonctionnel?



Source : consultation en ligne Industrie du futur

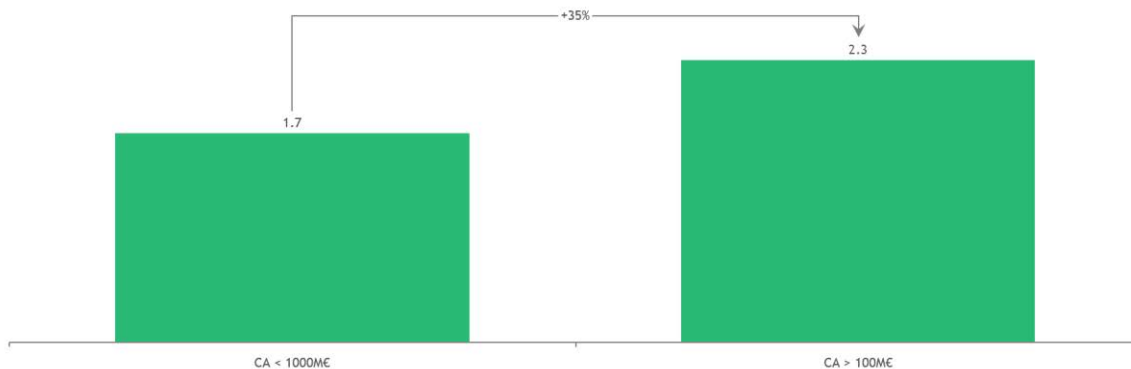
26

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Les grandes entreprises ont mis en place de premières mesures dans plus de fonctions en moyenne

2.3. Quel est votre état de déploiement des solutions Industrie du Futur par domaine fonctionnel?

Nombre de fonctions en moyenne pour lesquelles au moins des premières mesures ont été mises en place par les entreprises



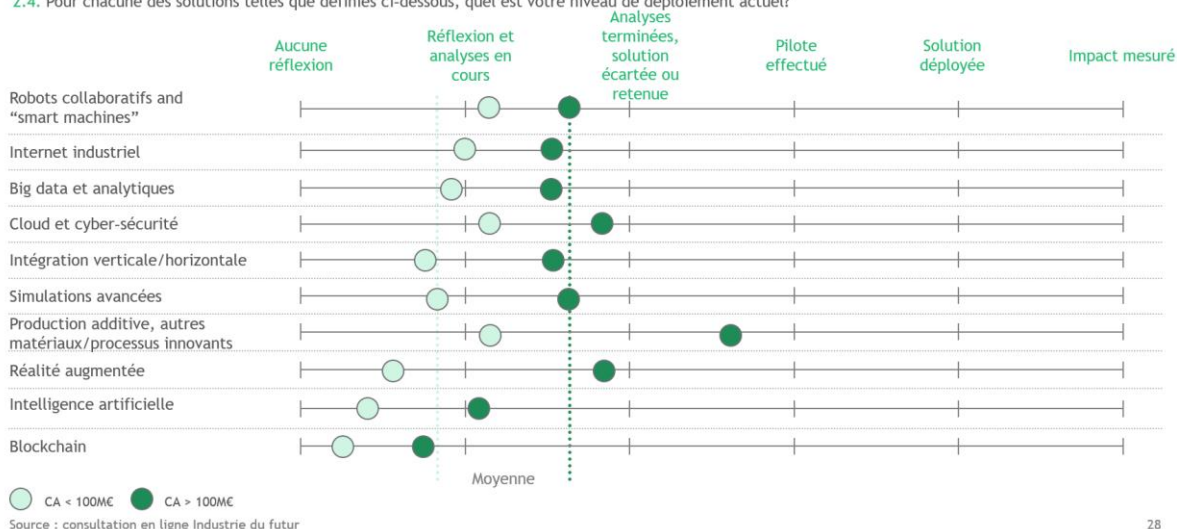
Source : consultation en ligne Industrie du futur

27

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Les grandes entreprises ont déployé les solutions industrie du futur à un niveau plus avancé

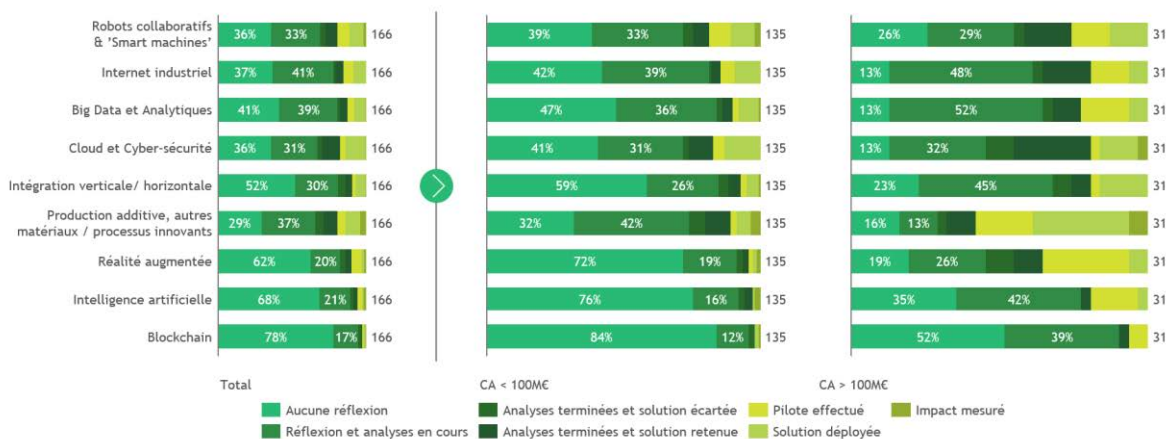
2.4. Pour chacune des solutions telles que définies ci-dessous, quel est votre niveau de déploiement actuel?



Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Les grandes entreprises ont déployé les solutions industrie du futur à un niveau plus avancé

2.4. Pour chacune des solutions telles que définies ci-dessous, quel est votre niveau de déploiement actuel?

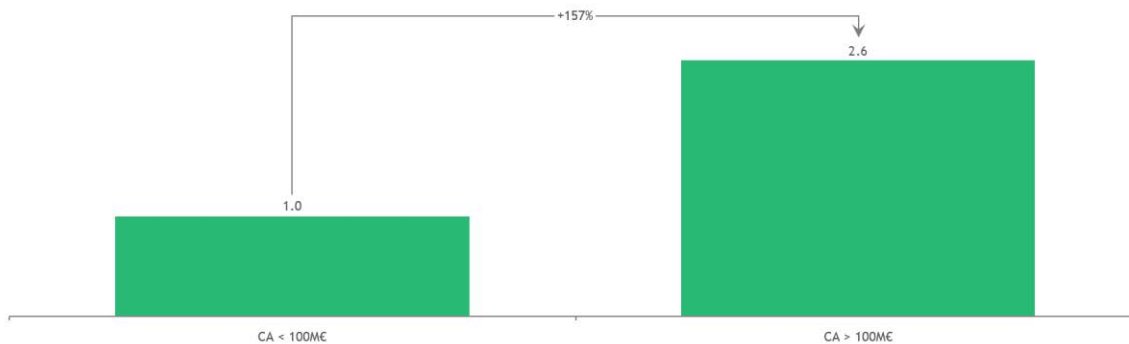


Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Les grandes entreprises ont déployé au moins en phase pilote plus de 2 fois plus de technologies que les petites entreprises

2.4. Pour chacune des solutions telles que définies ci-dessous, quel est votre niveau de déploiement actuel?

Nombre de solutions en moyenne pour lesquelles l'entreprise a au moins effectué un pilote



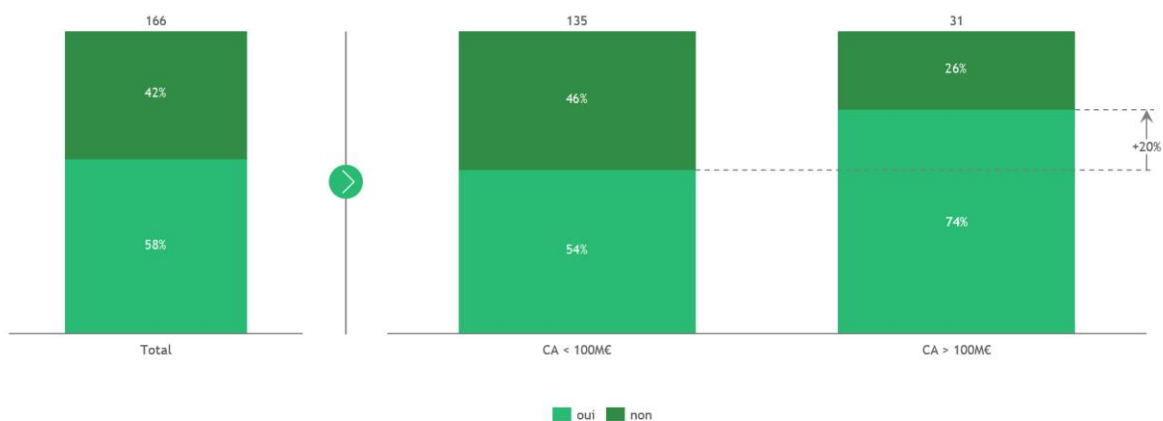
Source : consultation en ligne Industrie du futur

30

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Les grandes entreprises sont plus nombreuses à connaître Air Supply, qui reste méconnu de 44% des petites entreprises

2.5. Connaissez-vous AirSupply?



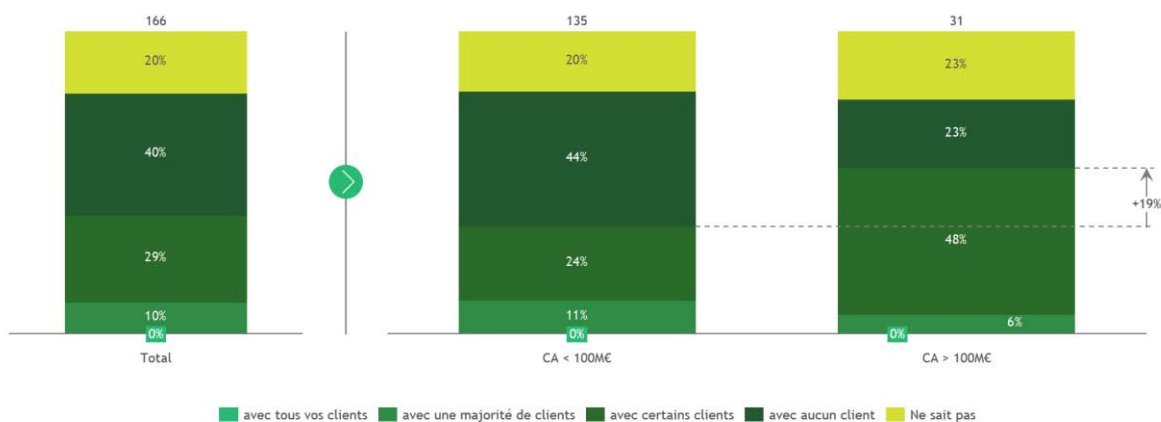
Source : consultation en ligne Industrie du futur

31

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

En mode sell side, Air Supply est beaucoup plus utilisé par les grandes entreprises

2.6. En mode "sell side" (avec vos clients), utilisez-vous AirSupply ... ?



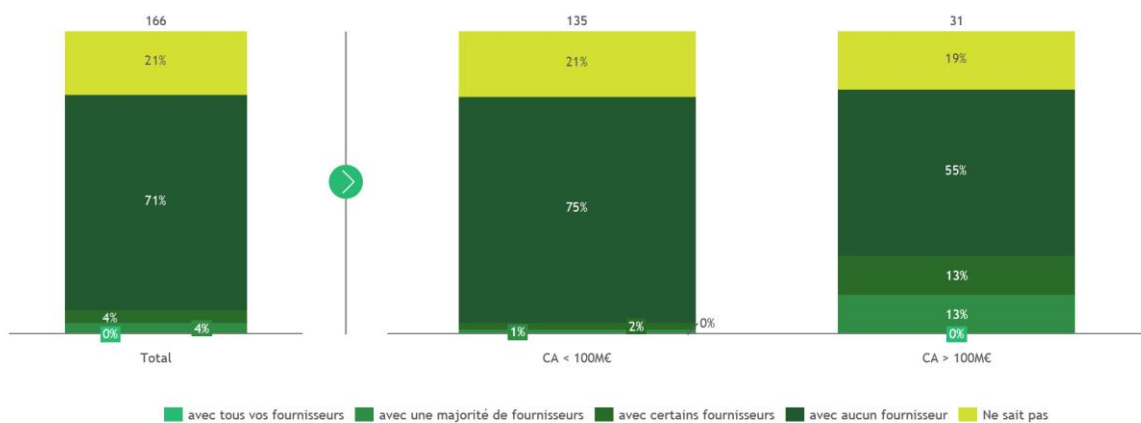
Source : consultation en ligne Industrie du futur

32

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

En mode buy side, Air Supply est moins utilisé

2.7. En mode "buy side" (avec vos fournisseurs), utilisez-vous AirSupply ... ?



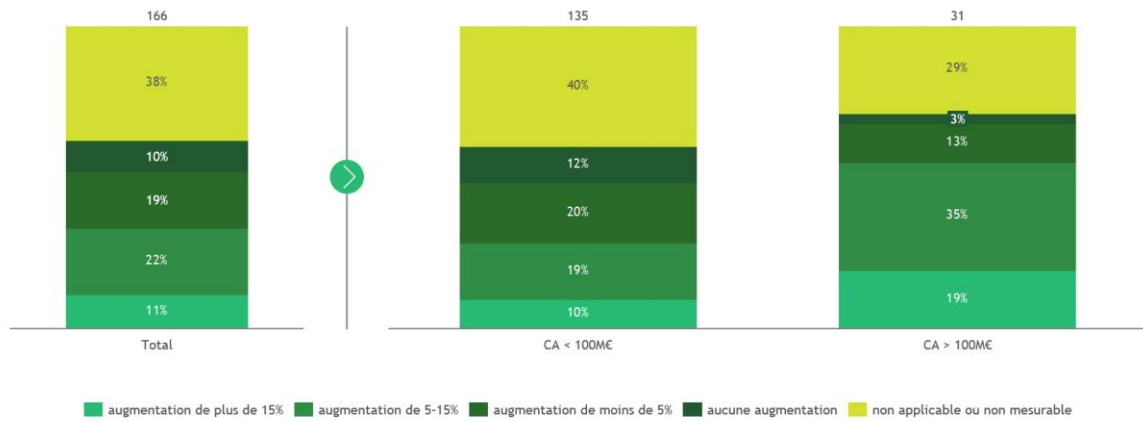
Source : consultation en ligne Industrie du futur

33

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Chez les grandes entreprises, des impacts plus fréquemment mesurés, et plus importants

3.1. En termes d'augmentation du taux de qualité: part de vos produits "bons du premier coup" ("right first time")?



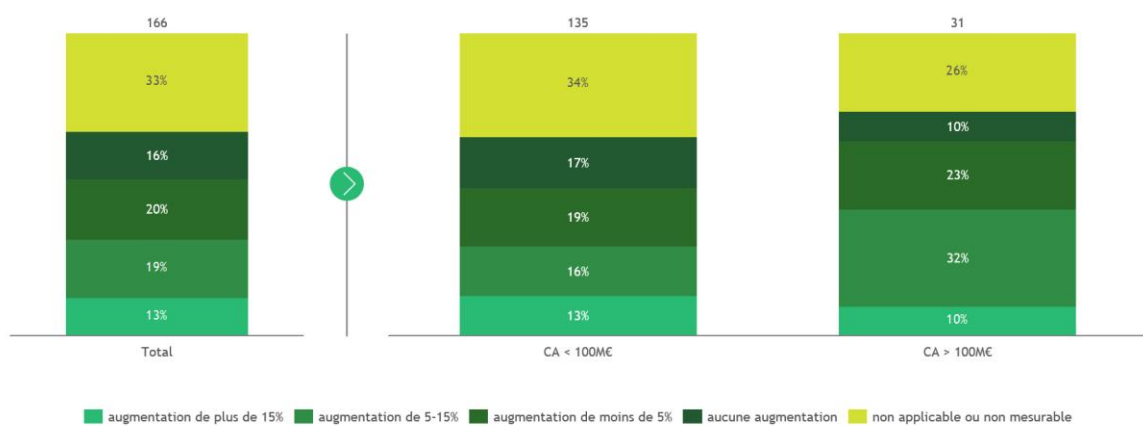
Source : consultation en ligne Industrie du futur

34

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Chez les grandes entreprises, des impacts plus fréquemment mesurés, et plus importants

3.2. En termes d'augmentation de livraison à l'heure (OTD)



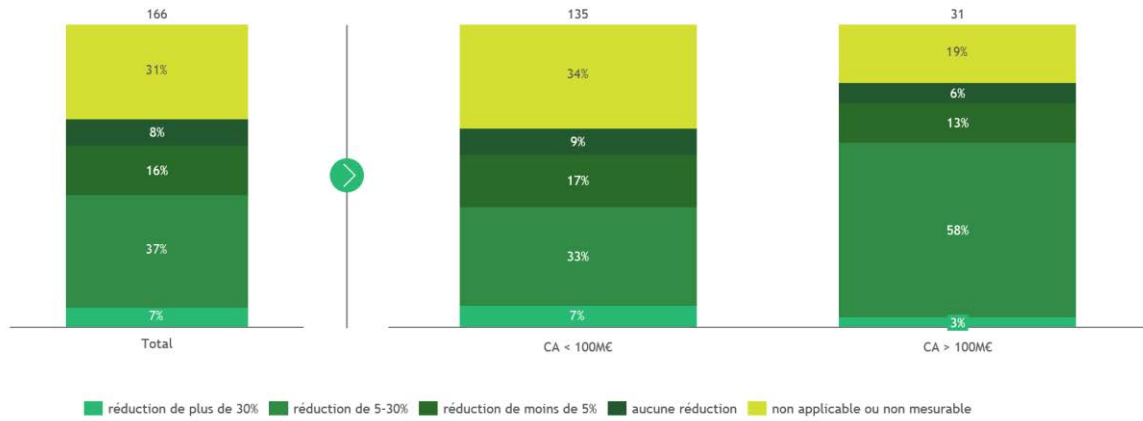
Source : consultation en ligne Industrie du futur

35

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Chez les grandes entreprises, des impacts plus fréquemment mesurés, et plus importants

3.3. En termes de réduction du temps de cycle de production (fabrication/assemblage)



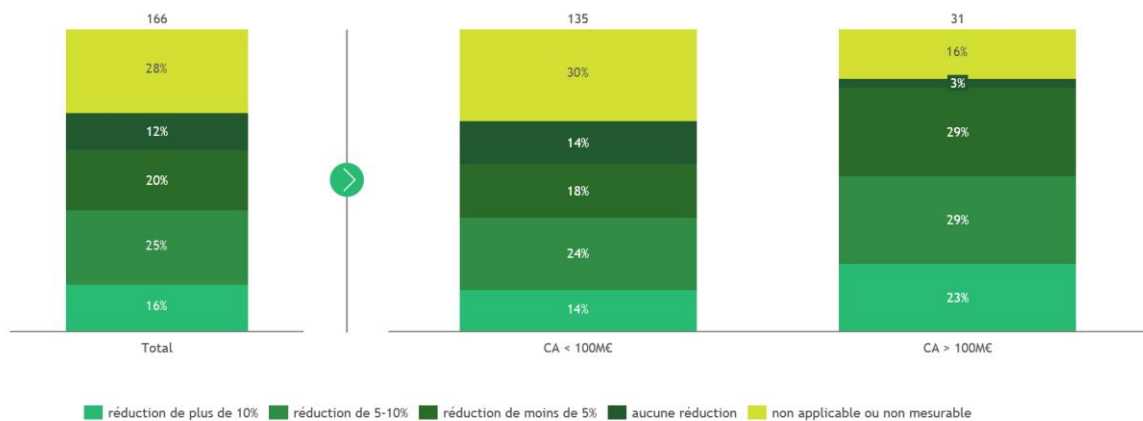
Source : consultation en ligne Industrie du futur

36

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Chez les grandes entreprises, des impacts plus fréquemment mesurés, et plus importants

3.4. En termes de réduction des coûts opérationnels



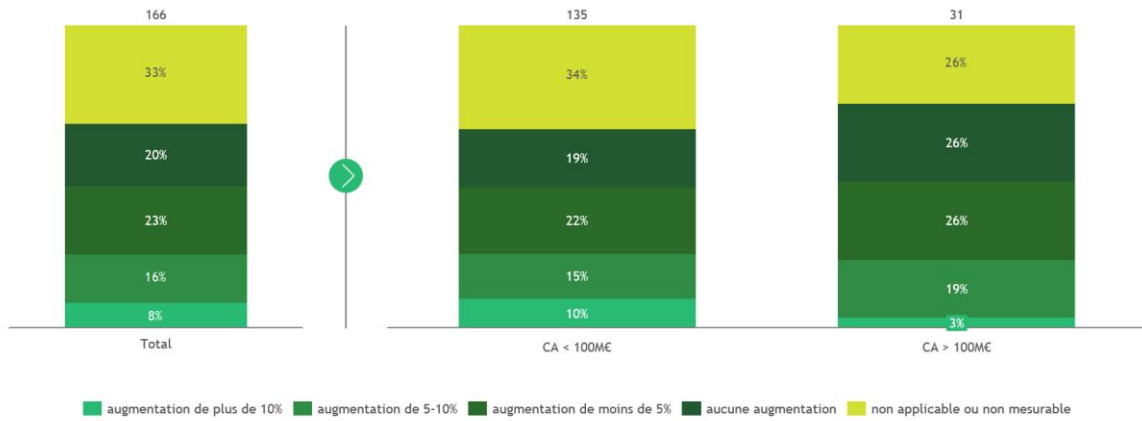
Source : consultation en ligne Industrie du futur

37

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Chez les grandes entreprises, des impacts plus fréquemment mesurés, et plus importants

3.5. En termes d'augmentation des revenus



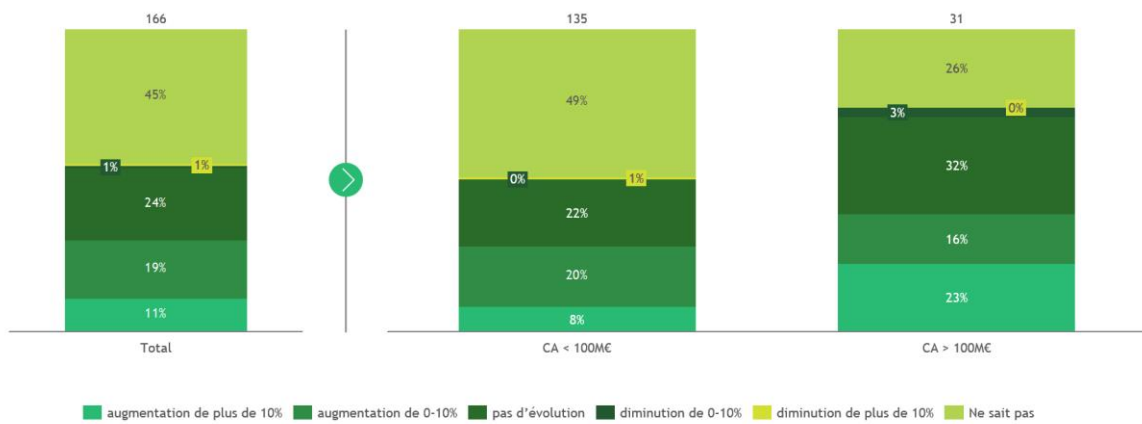
Source : consultation en ligne Industrie du futur

38

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Chez les grandes entreprises, les CAPEX ont évolué plus fortement avec le déploiement des solutions

3.6. Dans quelle mesure les investissements annuels (CAPEX) ont-ils évolué avec le déploiement des solutions?



Source : consultation en ligne Industrie du futur

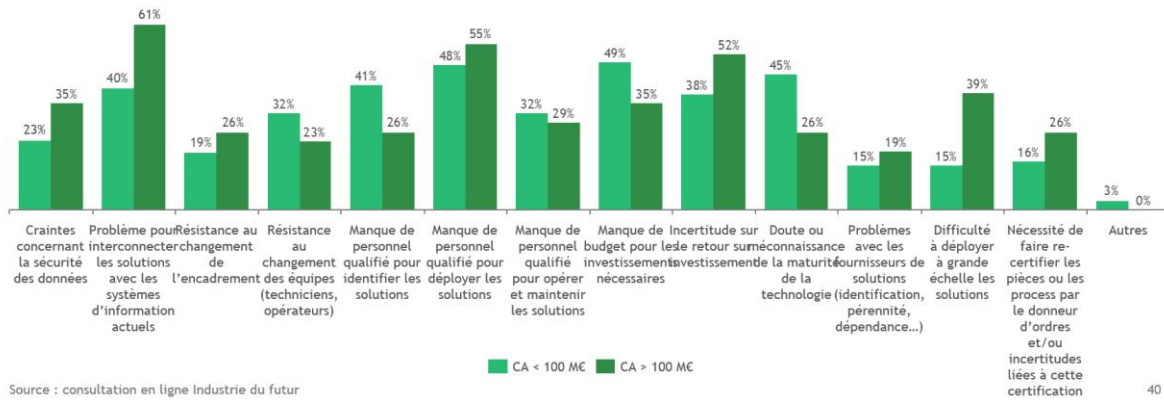
39

Copyright © 2018 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Freins et défis rencontrés par les répondants dans le déploiement des solutions

4.1. Quels sont les principaux défis ou freins rencontrés par votre entreprise pour déployer les solutions Industrie du futur?

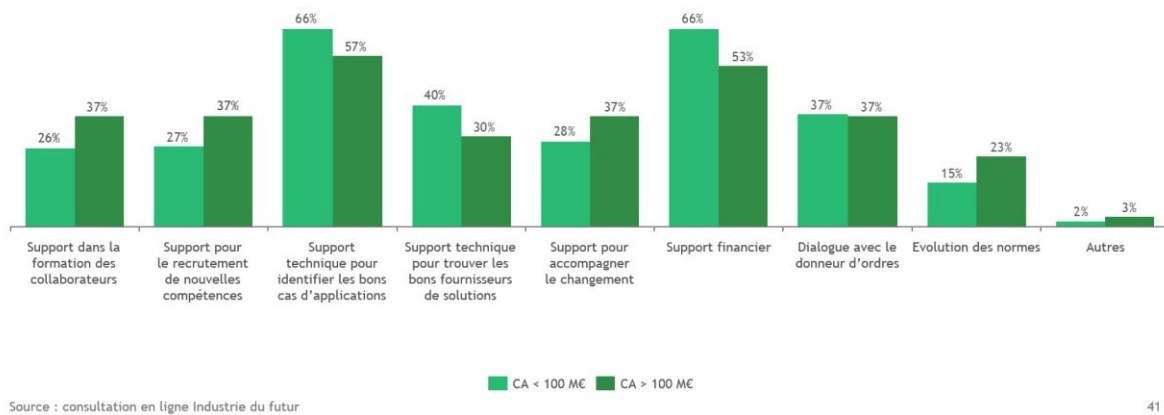
% de répondants par défis



Les deux principaux supports souhaités sont d'ordre technique et financier

4.2. De quels types de support auriez-vous besoin en priorité pour accélérer le déploiement?

% de répondants par défis



INDEX DES ILLUSTRATIONS

Index des tableaux

Tableau 1 : Différentes approches pour le chiffrage du dimensionnement de la filière.....	41
Tableau 2 : Liste des top 30 groupes français de la filière aéronautique	46

Index des figures

Figure 1 : Segmentation du marché de l'industrie aéronautique.....	13
Figure 2 : Évolution de la valeur du marché mondial de production des avions civils	13
Figure 3 : Évolution de la production d'avions civils en unité et en valeur	14
Figure 4 : Illustration de la structuration en « rangs » de la filière	14
Figure 5 : Évolution des passagers kilomètres transportés.....	20
Figure 6 : Évolution du carnet de commandes d'avions commerciaux.....	21
Figure 7 : Évolution de la cadence mensuelle du Monocouloir d'Airbus et Boeing.....	21
Figure 8 : Nombre d'avions d'affaires livrés dans le monde	22
Figure 9 : Chaînes d'approvisionnement de la famille Airbus.....	23
Figure 10 : Chaînes d'approvisionnement de la famille Boeing.....	23
Figure 11 : Exemples d'implantations d'entreprises françaises à l'étranger	24
Figure 12 : Évolution des parts de marché dans l'aviation commerciale	26
Figure 13 : Coûts de développement des avions de combat américains selon leur année de sortie	36
Figure 14 : Caractéristiques des principaux avions de combat américains et russes	38
Figure 15 : Caractéristiques des principaux avions de combat européens.....	38
Figure 16 : Répartition du nombre d'entreprises, des effectifs et du chiffre d'affaires suivant le type d'entreprise à partir des bases GIFAS 2017	43
Figure 17 : Répartition du chiffre d'affaires suivant le rang de l'entreprise d'après l'échantillon XERFI.....	44
Figure 18 : Chiffres d'affaires 2016 par segment d'activité des principaux fournisseurs de rang 1 français et positionnement des premières entreprises américaines.....	45
Figure 19 : Répartition du nombre d'entreprises et du chiffre d'affaires pour les entreprises de rang 2.....	45
Figure 20 : Quatre macrosegments pertinents d'analyse	49
Figure 21 : Répartition de l'emploi aéronautique en France et principaux clusters régionaux pertinents selon le type d'entreprise.....	50
Figure 22 : Illustration des différents leviers permettant d'améliorer la compétitivité de la filière	52
Figure 23 : Part des prélèvements obligatoires dans la filière française (en % de la valeur ajoutée, 2016).....	53
Figure 24 : Estimation de l'impact des différents leviers sur une structure de coût	54
Figure 25 : Présentation des dix technologies Industrie du Futur.....	55
Figure 26 : Illustration des liens entre les technologies.....	56
Figure 27 : Illustration des défis opérationnels typiques des entreprises de l'aéronautique.....	60
Figure 28 : Exemples de solutions Industrie du Futur sur un site d'usinage	63
Figure 29 : Exemples de solutions Industrie du Futur sur un site d'assemblage	64
Figure 30 : Illustration des défis transverses de la filière aéronautique.....	64
Figure 31 : Différentes structures de coûts typiques en fonction du segment	67
Figure 32 : Illustration schématique d'une chaîne de valeur à trois rangs avec à chaque rang un unique fournisseur.....	70
Figure 33 : Impacts estimés de l'Industrie du Futur par diverses études multisectorielles.....	75

Figure 34 : Illustration d'une chaîne simplifiée d'aérostructure affectée par six possibles disruptions à moyen terme	79
Figure 35 : Résultats des principales études prospectives en France étudiant l'impact des nouvelles technologies sur l'emploi	81
Figure 36 : Scénarios de quantification de l'impact des nouvelles technologies sur l'emploi industriel allemand (étude BCG 2015)	83
Figure 37 : Impact sur les compétences demandées en entreprise (étude BCG janvier 2017).....	85
Figure 38 : Étude DARES (2013) - Part d'établissements industriels mettant en place des dispositifs organisationnels flexibles selon leur degré de numérisation	89
Figure 39 : Niveau d'avancement dans le déploiement des solutions Industrie du Futur selon la taille de l'entreprise (source : consultation en ligne)	93
Figure 40 : Niveau de déploiement par solution selon la taille de l'entreprise (source : consultation en ligne)	93
Figure 41 : Évolution de la part d'investissement consacrée à l'Industrie du Futur en 2018 par rapport à 2017	94
Figure 42 : Niveau de déploiement de la solution AirSupply (source : consultation en ligne)	95
Figure 43 : Profil des entreprises ayant répondu à la consultation	96
Figure 44 : Cartographie d'acteurs clés (non exhaustive) de la transformation suivant le type d'aide apportée	100
Figure 45 : Exemples d'initiatives Industrie du Futur à l'étranger suivant le parcours CP-AG	106
Figure 46 : Proposition d'objectifs de déploiement pour chaque étape du parcours	113
Figure 47 : Représentation schématique de la stratégie de déploiement et des 18 initiatives.....	115
Figure 48 : Exemple de parcours d'utilisateur en phases CP	118
Figure 49 : Exemple de parcours d'utilisateur en phases AG	119
Figure 50 : Matrice de priorisation des initiatives	147
Figure 51 : Illustration d'une possible feuille de route pour la transformation digitale de la filière cadencée sur les cinq ans à venir.....	148

Les rapports Pipame déjà parus

- Diffusion des nouvelles technologies de l'énergie (NTE) dans le bâtiment, juin 2009
- Étude de la chaîne de valeur dans l'industrie aéronautique, septembre 2009
- La logistique en France : indicateurs territoriaux, septembre 2009
- Logistique mutualisée : la filière « fruits et légumes » du marché d'intérêt national de Rungis, octobre 2009
- Logistique et distribution urbaine, novembre 2009
- Logistique : compétences à développer dans les relations « donneur d'ordres-prestataire », novembre 2009
- L'impact des technologies de l'information sur la logistique, novembre 2009
- Dimension économique et industrielle des cartes à puces, novembre 2009
- Le commerce du futur, novembre 2009
- Mutations économiques pour les industries de la santé, novembre 2009
- Réflexions prospectives autour des biomarqueurs, décembre 2009
- Mutations économiques dans le domaine de la chimie, février 2010
- Mutations économiques dans le domaine de la chimie - volet compétences, février 2010
- Mutations économiques dans le domaine automobile, avril 2010
- Maintenance et réparation aéronautiques : base de connaissances et évolution, juin 2010
- Pratiques de logistique collaborative : quelles opportunités pour les PME/ETI ?, février 2011
- Dispositifs médicaux : diagnostic et potentialités de développement de la filière française dans la concurrence internationale, juin 2011
- Étude prospective des bassins automobiles : Haute-Normandie, Lorraine et Franche-Comté, novembre 2011
- M-tourisme, décembre 2011
- Marché actuel des nouveaux produits issus du bois et évolutions à échéance 2020, février 2012
- La gestion des actifs immatériels dans les industries culturelles et créatives, mars 2012
- Le développement industriel futur de la robotique personnelle et de service en France, avril 2012
- Enjeux et perspectives des industries agroalimentaires face à la volatilité du prix des matières premières, octobre 2012
- Potentiel et perspectives de développement des plates-formes d'échanges interentreprises, janvier 2013
- Étude sur la location de biens et services innovants : nouvelles offres, nouveaux opérateurs, nouveaux modèles économiques ?, janvier 2013
- Enjeux économiques des métaux stratégiques pour les filières automobiles et aéronautiques, mars 2013
- Chaînes logistiques multimodales dans l'économie verte, mars 2013
- Évolutions technologiques, mutations des services postaux et développement de services du futur, juillet 2013
- Imagerie médicale du futur, octobre 2013
- Relocalisations d'activités industrielles en France, décembre 2013
- Benchmark européen sur les plateformes chimiques, quels sont les leviers pour améliorer la compétitivité des plateformes françaises ?, septembre 2014
- Les innovations technologiques, leviers de réduction du gaspillage dans le secteur agroalimentaire : enjeux pour les consommateurs et pour les entreprises, novembre 2014
- Mutations économiques du secteur de l'industrie des métaux non ferreux, mars 2015
- Enjeux et perspectives de la consommation collaborative, juillet 2015
- Usages novateurs de la voiture et nouvelles mobilités, janvier 2016
- E-santé : faire émerger l'offre française en répondant aux besoins présents et futurs des acteurs de santé, février 2016

- Filières industrielles de la valorisation énergétique du sous-sol profond, mars 2016
- Enjeux et perspectives des industries du sport en France et à l'international, juin 2016
- Marché actuel et offre de la filière minérale de construction et évaluation à échéance de 2030, novembre 2016
- Futur de la Fabrication additive, janvier 2017
- L'avenir du marché de la téléassistance et des services associés, février 2017
- Enjeux et perspectives des producteurs pour tiers de principes actifs et de médicaments, mars 2017
- Perspectives de développement de la filière des drones civils à l'export, juin 2017
- Les acteurs, l'offre et le marché de l'efficacité énergétique à destination de l'industrie, octobre 2017
- Potentiel de développement de l'économie sociale et solidaire dans les quatre secteurs économiques, octobre 2017
- Marchés des objets connectés à destination du grand public, mai 2018

Crédits photographiques

Couverture (horizontalement de gauche à droite) : © Sitikka-GettyImages ; © christian lagereek – Getty images ; © JustContributor - stock.adobe.com ; © ipopba-stock.adobe.com.

L'industrie aéronautique constitue pour la France une filière d'excellence. Sur un marché international où la concurrence s'intensifie, elle est confrontée à des défis majeurs : augmentation de la production pour répondre à une demande en forte croissance, montée en cadence pour respecter les délais de livraison, réduction des coûts dans un contexte de mondialisation des chaînes de valeur... L'étude « Industrie du Futur : enjeux et perspectives pour la filière aéronautique » a été réalisée par le Boston Consulting Group à la demande de la Direction générale des entreprises, du ministère des Armées et du Groupement des industries françaises aéronautiques et spatiales. Elle examine comment les solutions de type « Industrie du Futur », fondées notamment sur une digitalisation des procédés et une utilisation massive des données, peuvent aider les entreprises de la filière aéronautique à répondre à ces défis.

Différents freins expliquent un déploiement encore partiel de ces solutions dans cette filière, avec un déficit de diffusion davantage marqué pour les entreprises de plus petite taille. Le diagnostic dressé conduit à définir un parcours de transformation digitale en quatre étapes (« CP-AG » : Compréhension, Préparation, Activation, Généralisation) pour faciliter une adoption cohérente par les entreprises des solutions identifiées. Cette démarche s'articule notamment autour de cinq domaines d'actions concrètes : un accompagnement individualisé des entreprises, des moyens de sensibilisation et de fluidification des échanges entre industriels, l'implication des parties prenantes extérieures à la filière, une accélération du déploiement de solutions technologiques adaptées et un effort sur la formation et les compétences. La stratégie préconisée vise ainsi à aider et à inciter les entreprises à réaliser un saut de performance, indispensable à la compétitivité de la filière aéronautique dans son ensemble.

