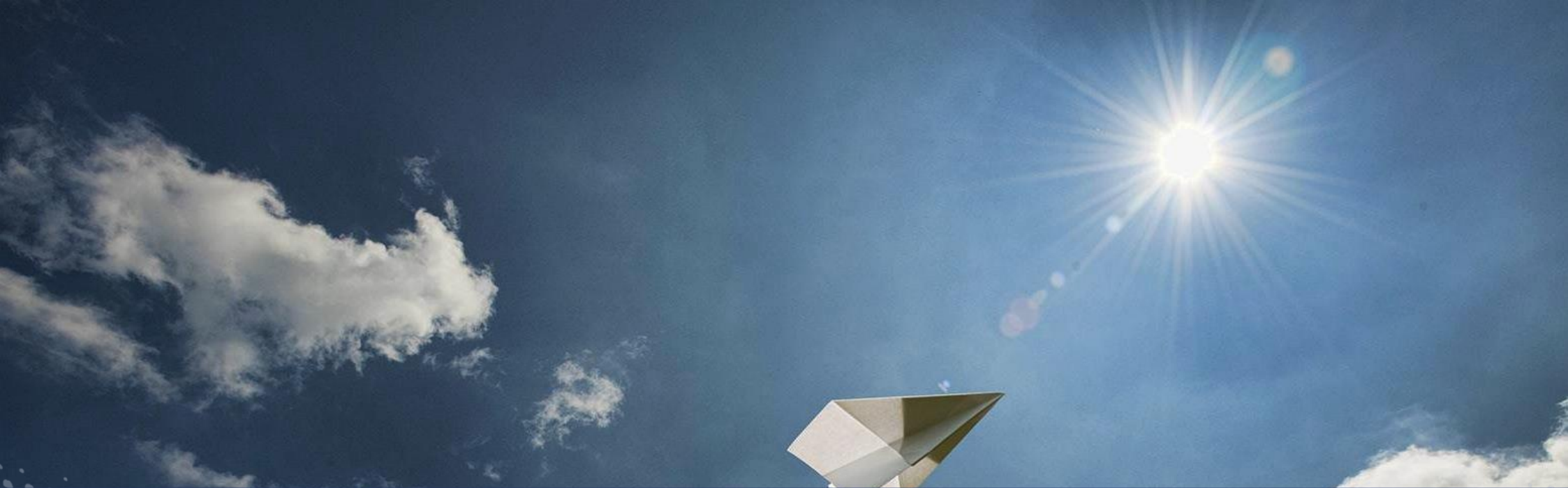




La problématique d'utilisation des composites sur structures aéronautiques en conditions extrêmes.

(température élevées, flux d'effort important, chargement tridimensionnel...).

Les connaissances acquises et les points durs pour la certification.

Jacques CINQUIN

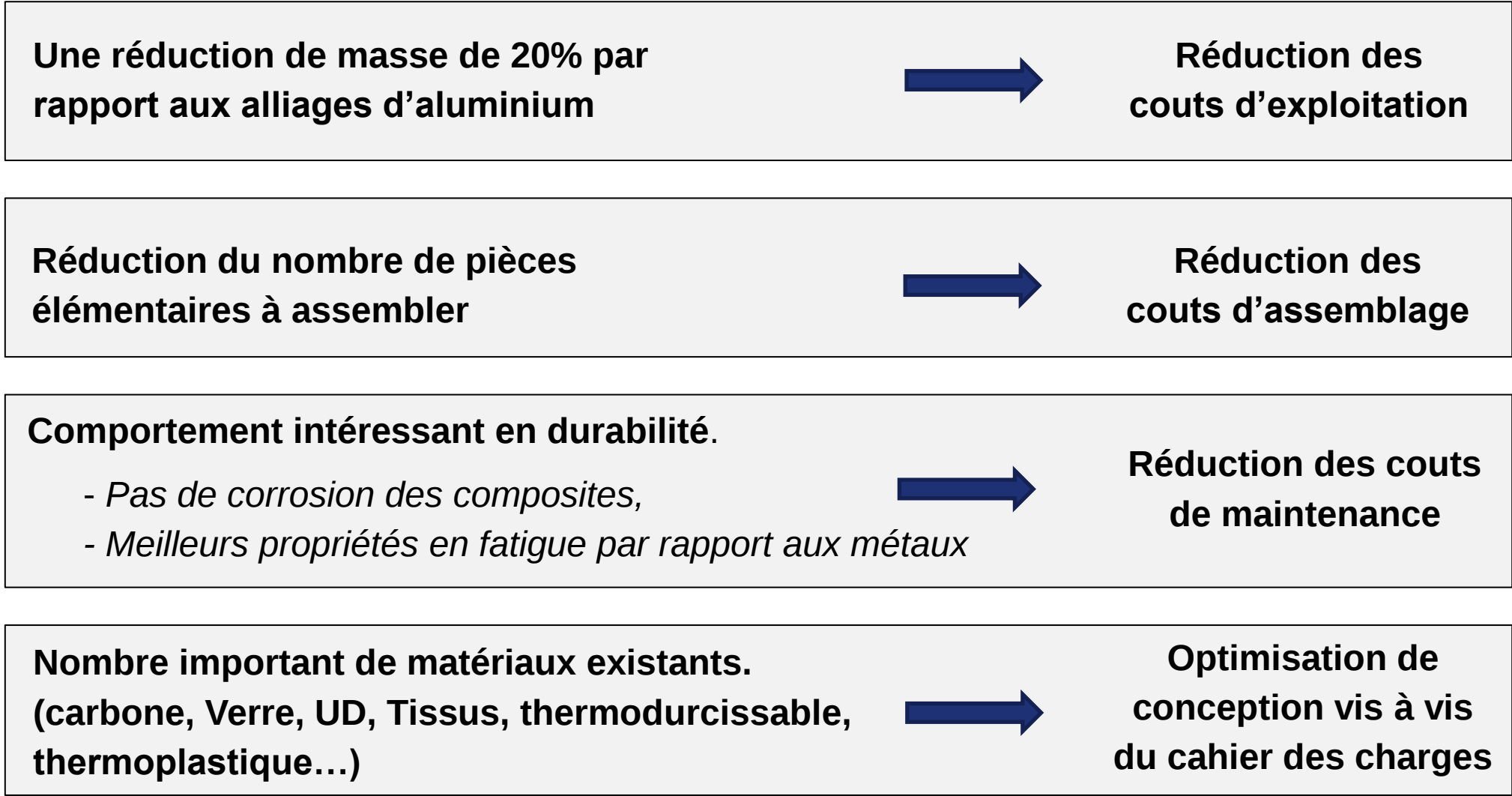
Airbus Group Innovation Suresnes France

Jacques.cinquin@airbus.com

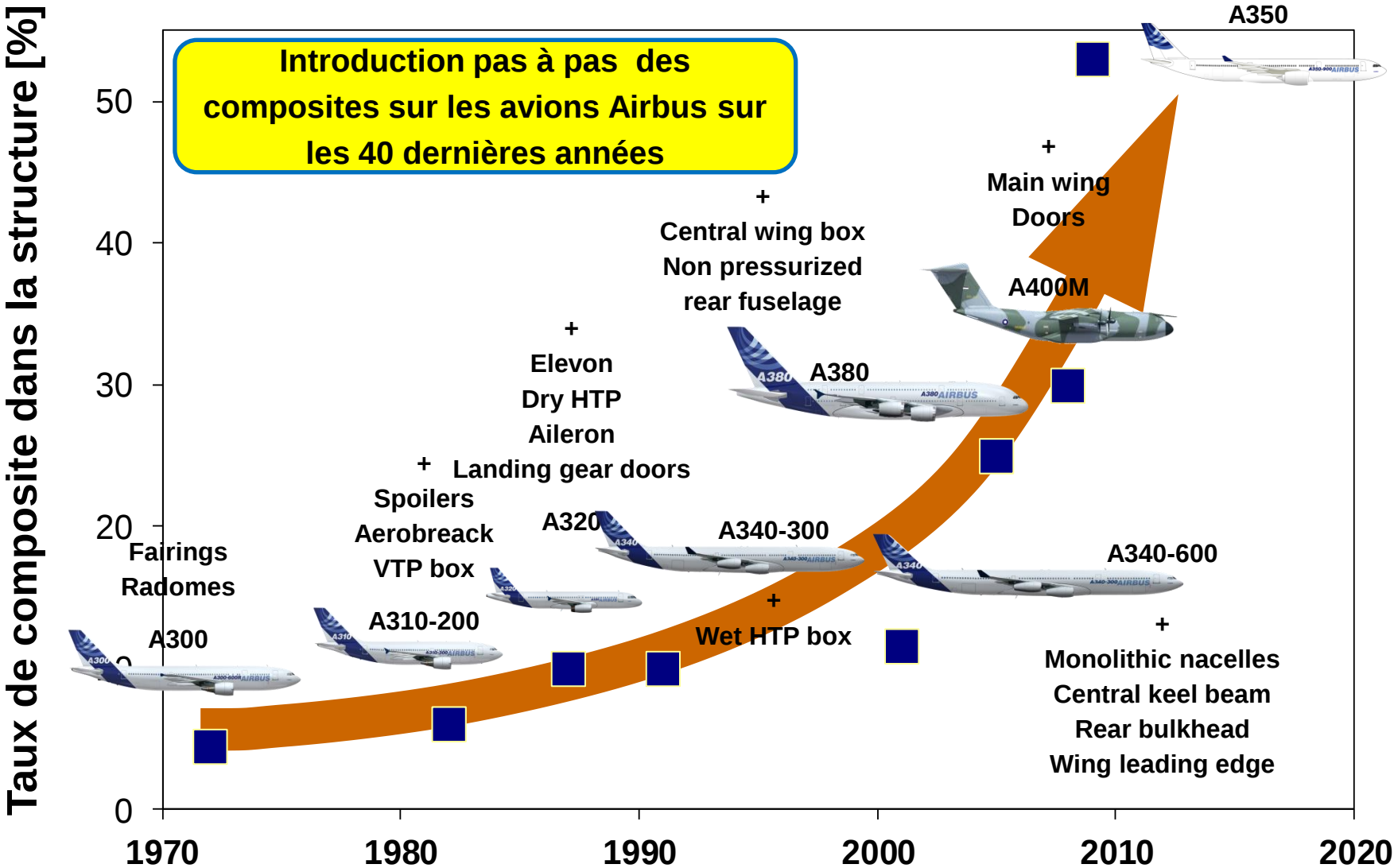
Agenda

- ➔ **Utilisation des composite dans les structures Aéronautiques**
- ➔ **Qualification matériaux et certification de structure**
 - * Chargement mécanique
 - * Environnement humide
 - * Température de service
- ➔ **Les points particuliers à traiter**
 - * Tolérance aux dommages
 - * Impact foudre
- ➔ **Conclusion et perspectives**

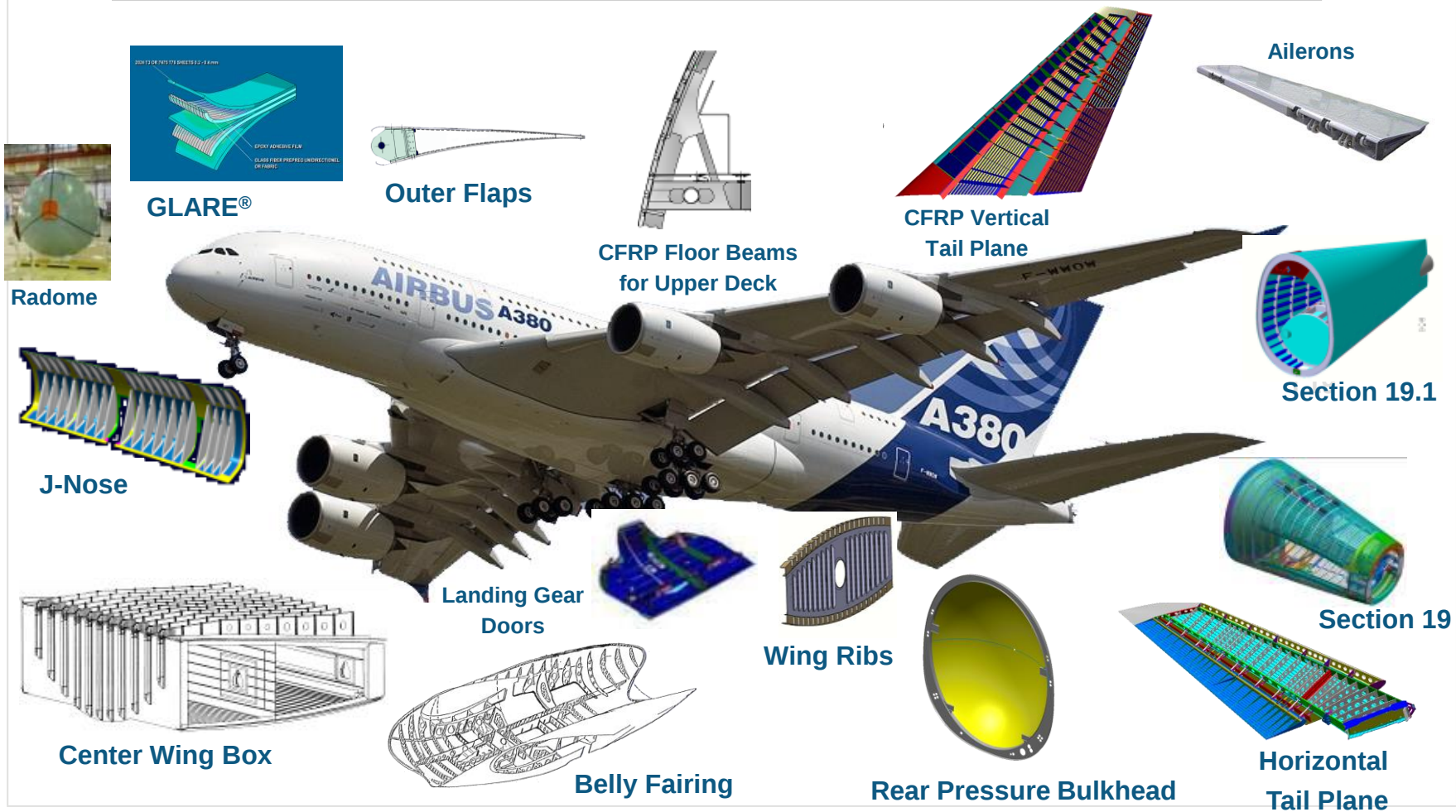
Principaux avantages des composites pour les structures Aéronautiques



Utilisation des composites sur les avions Airbus

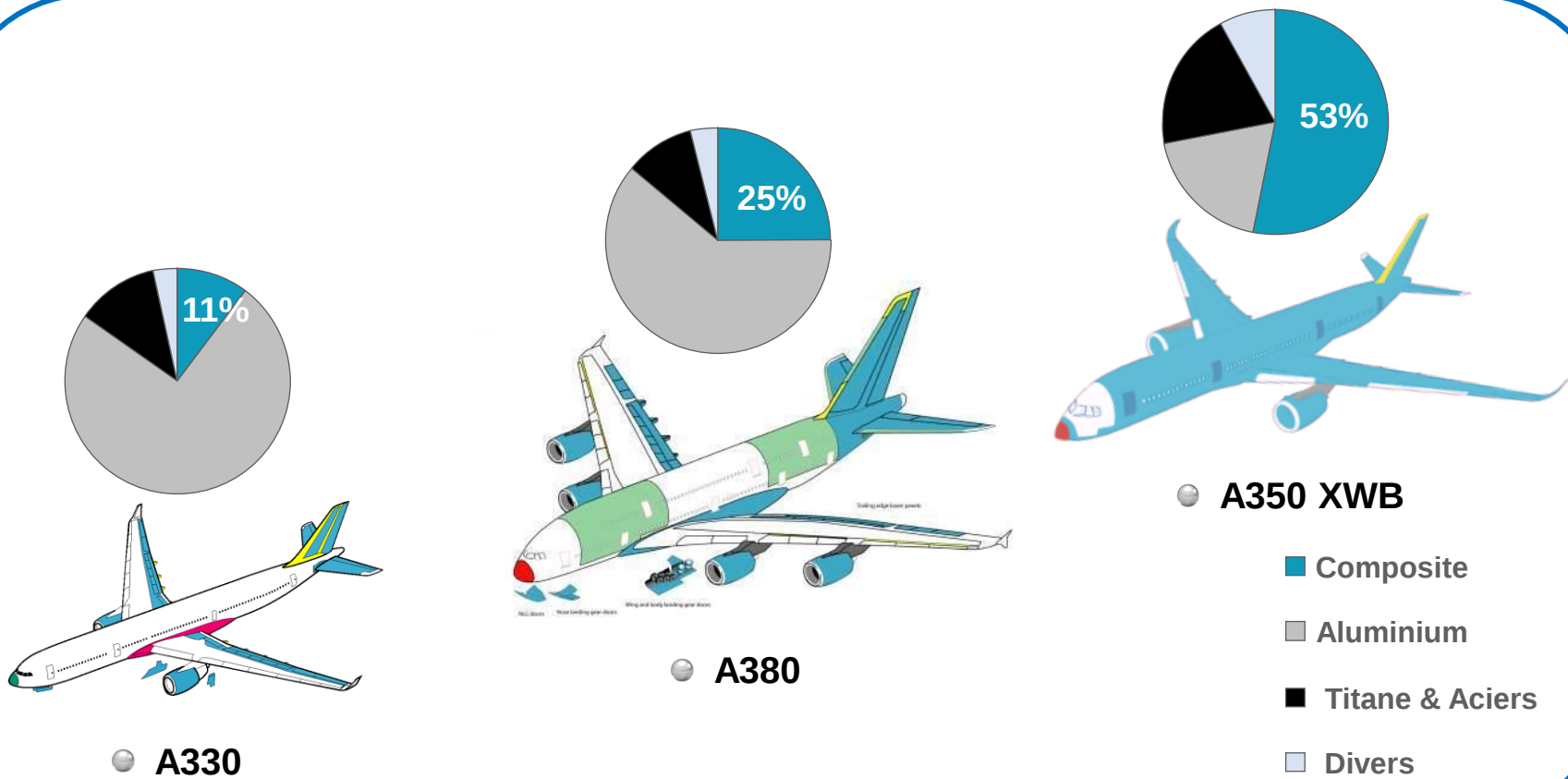


Exemples de structures composites sur Avion



**A380 environ 90 tonnes de structure (environ 22 tonnes de composite)
Gain de masse environ 6 tonnes**

Evolution Matériaux de l'A330 à l'A350XWB



De l'A330 à l'A350XWB: Introduction progressive des matériaux composites

A350 XWB introduire le bon matériau à la bonne place

Qualification Matériaux et certification de structures

Particularité des composites vis-à-vis des métalliques qui justifient de revoir les méthodes de certification.

Evolution des propriétés dans le temps

- Importante dépendance des propriétés sous l'effet de l'environnement en condition d'utilisation (température humidité). Phénomène supposé réversible.

Constitution du composite lamifié

- Faibles performance du matériau dans le sens de l'épaisseur. Sensibilité aux impacts, sensibilité aux délaminage.

Faible sensibilité à la fatigue

- Peu de propagation de petits délaminages en condition d'utilisation

Particularité des composites vis-à-vis des métalliques qui justifient de revoir les méthodes de certification.

Le matériaux n'existe pas tant que la pièce n'est pas fabriquée

- Importante dépendance des propriétés mécaniques vis-à-vis des conditions de fabrication et de polymérisation
- Possibilité d'introduction de défauts pendant la fabrication de la pièce (porosité, ondulation des fibres, zone non complètement polymérisée...

Pas de standardisation des matériaux

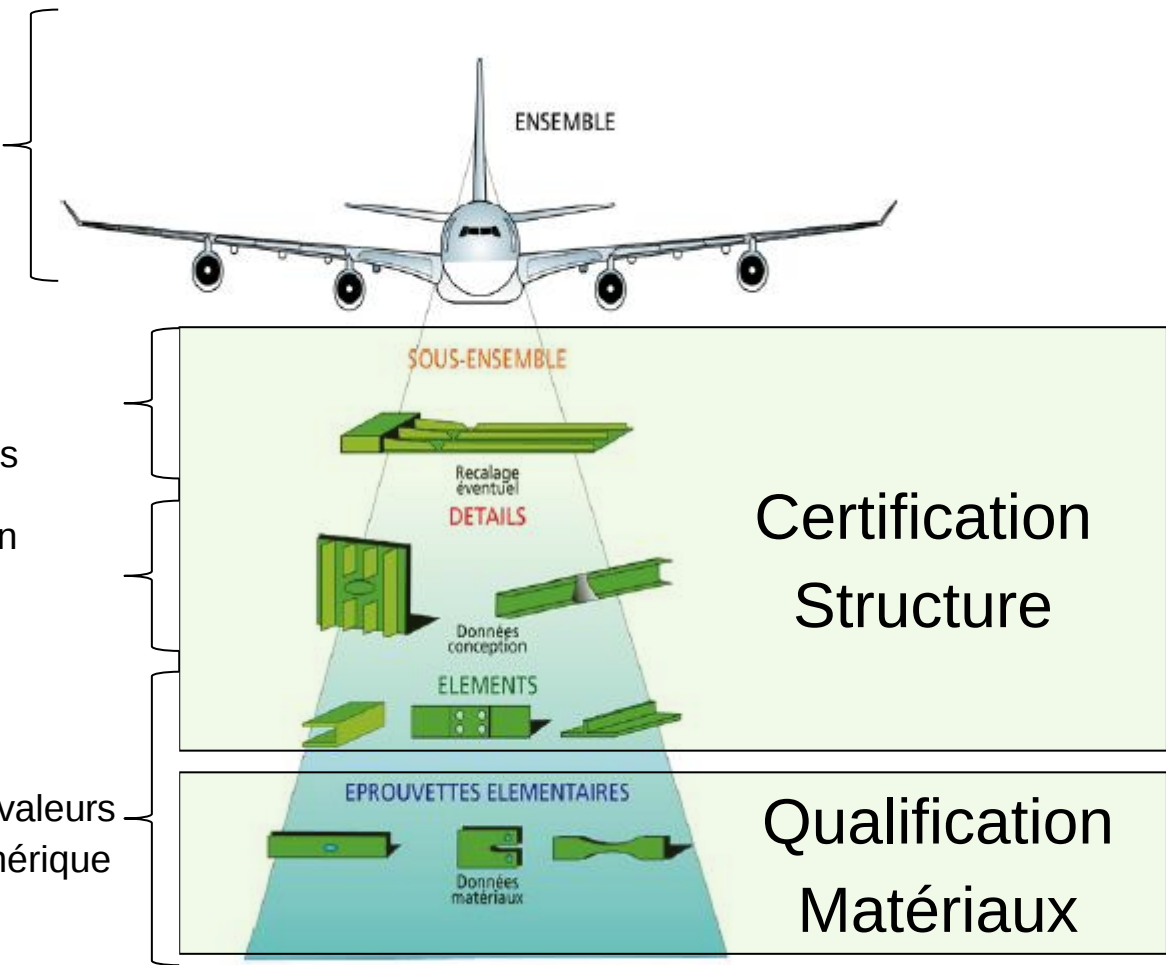
- Pas d'équivalence possible entre plusieurs fournisseurs de matériaux, chaque matériaux doit être qualifié et certifié. Problème de couts pour approvisionnement multi source

Pas de conductivité électrique

- Problème lors d'un impact de foudre et les effets induits avec les agressions électromagnétique des systèmes en général

Le concept de la Pyramide des essais (Jean ROUCHON)

- Validation finale échelle 1 avec prise en compte de l'ensemble des paramètres
- Validation par les autorités de certification
- Minimisation des risques de conception.
- Validation préliminaire du dimensionnement
- Consolidation pour les développements futurs
- Génération des données pour conception non générique et des détails de conception difficilement calculable
- Génération des données matériaux pour les valeurs admissibles pour conception préliminaire générique



↑
Cout global augmente
↓
Nombre d'essais diminue

Chargement mécanique

- Charge Limite :** Charge calculée que la structure est susceptible de rencontrer au moins 1 fois dans son utilisation. Pas de déformation permanente à la charge Limite.
- Charge extrême :** Charge limite x 1,5. La structure doit tenir au moins 3 secondes à la charge extrême sans rupture.
- Charge à rupture :** doit être supérieure à la charge extrême

Zone courante

Calcul de la raideur et des propriétés à rupture d'un structure composite en fonction :

- du drapage de la pièce
- des données élémentaires du matériau

Zone à géométrie complexe

Validation des zones locales d'une structure de géométrie complexe par essais représentatifs

- Arrêts de raidisseurs
- Flambage panneau raidis impactés
- Eclissage/enture
- ...

**Composites bien adaptés pour les pièces avec chargement dans le plan.
Pour les pièces avec chargement 3D, composite pas le plus performant.**



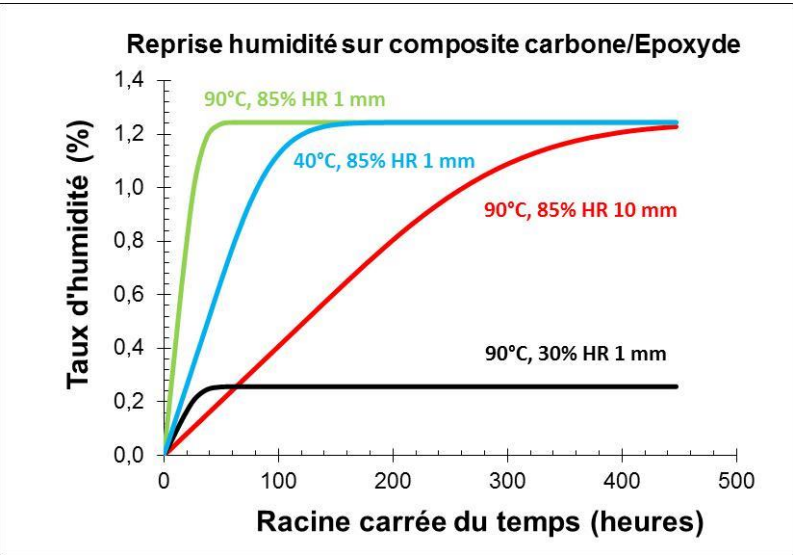
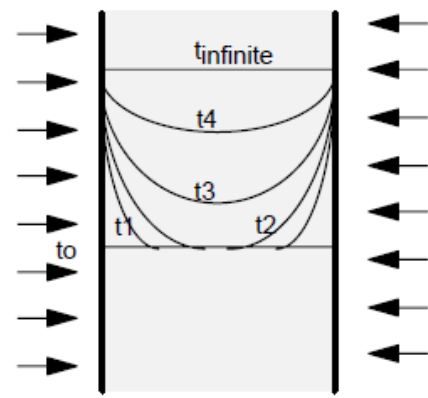
Environnement humide

Humidité dans matrice composite :

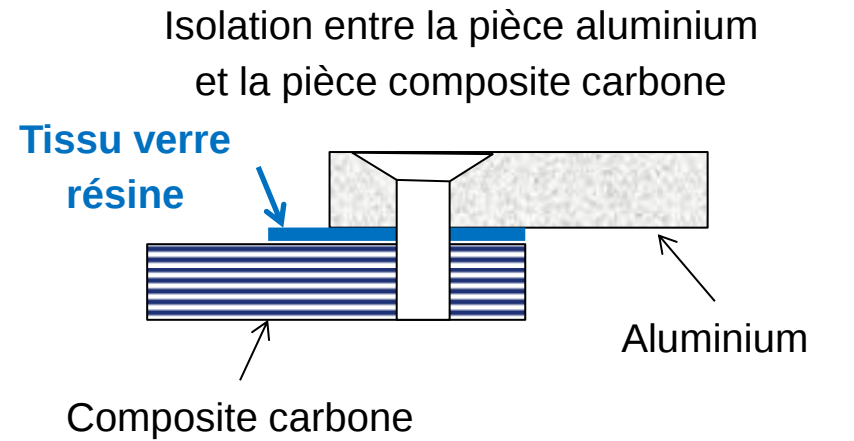
- Diminution de T_g 20°C à 40°C en fonction des résines (mais réversible pour les matrices aéronautiques)
- Diminution des propriétés de cisaillement de tenue en matage et de compression des composites (réversible)
- Pas de dégradation non réversible** des propriétés des composites utilisés en Aéronautique.

Philosophie retenue :

- Etablir les propriétés après une **saturation en humidité** du composite pendant un vieillissement à **70°C et 85%HR**
- Pour les pièces épaisses durée de vieillissement maxi correspond à la durée nécessaire pour saturer une pièce de 8 mm d'épaisseur.



Corrosion galvanique avec aluminium



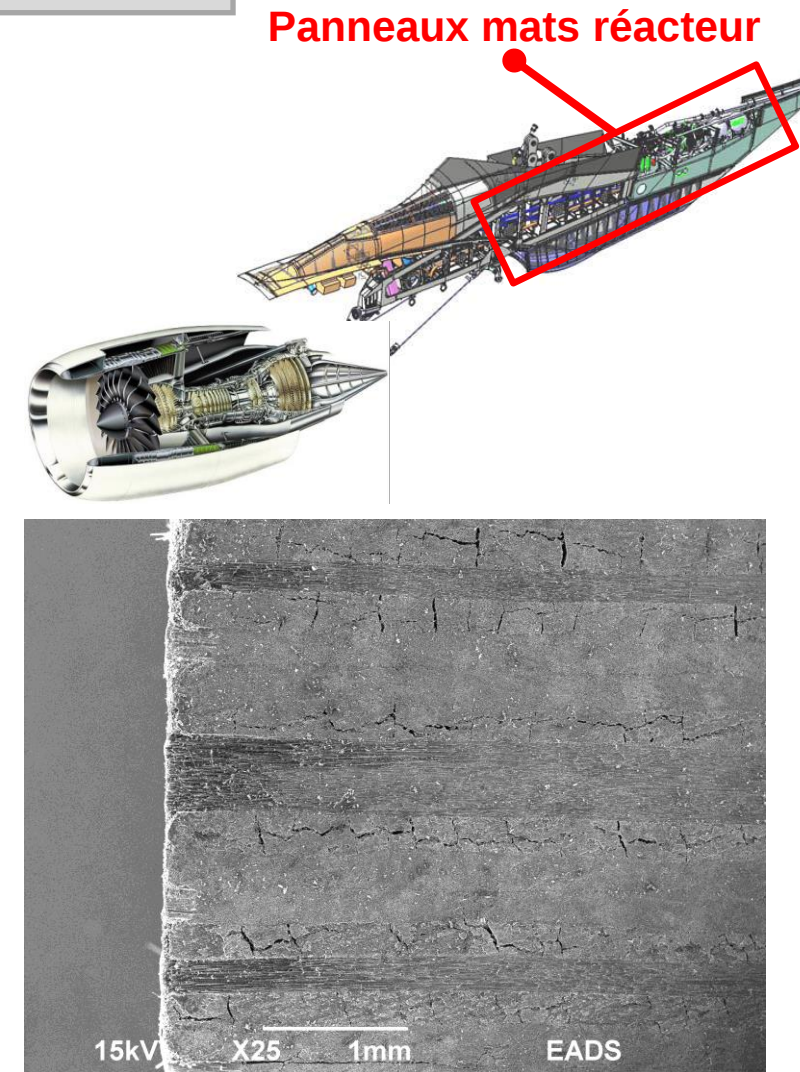
Environnement haute température

Thermo-oxydation de la matrice du composite :

- Perte de masse en fonction du temps
- Apparition de fissuration transverse et de délaminages
- Diminution des propriétés mécaniques en fonction du temps
- Phénomène non réversible

Philosophie retenue :

- Pour l'instant température de service continu maxi pour les structures composites en dessous de la température de début d'oxydation.
- Pas de philosophie d'utilisation de structure composite avec prise en compte de la thermo-oxydation pour une utilisation en continu au-delà de 110°C.



Des points particuliers à traiter

Tenue à la foudre

Nécessité d'ajouter une protection foudre à la surface des pièces composites exposées.

- Métal déployé
- Grillage de bronze

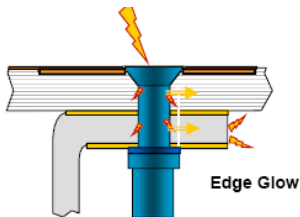
Masse de métal dépend de la zone à protéger (de 80g/m² à 200 g/m²)

Dommages effets directs :

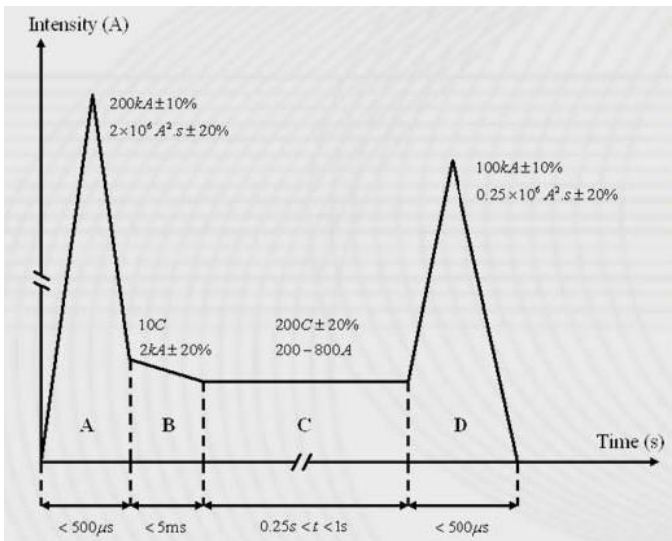
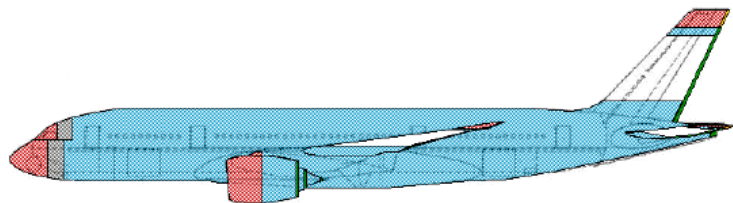
- Délaminage au cœur de la pièce
- combustion de la résine
- rupture de fibres

Effets indirects

- Étincelage aux jonctions
- Risque explosion des zones pétrolisées
- Interférence électromagnétique sur les systèmes et câbles.



- 1A
- 1B
- 1C
- 2A
- 2B
- 3

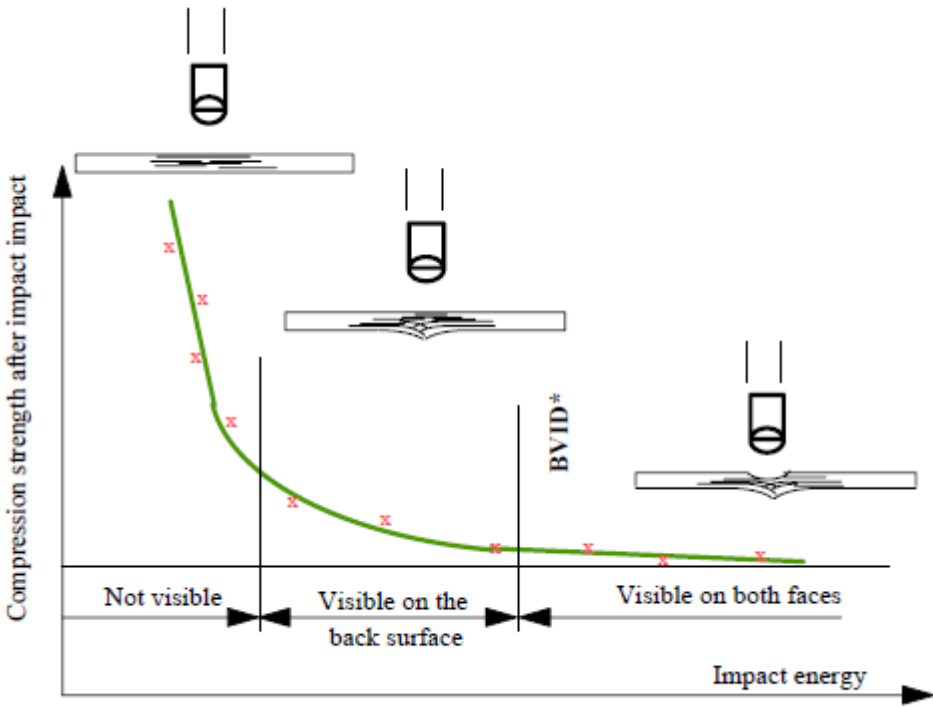
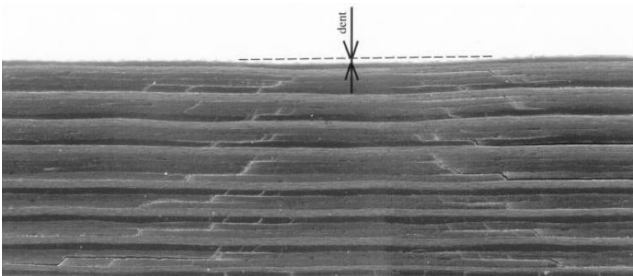


Des points particuliers à traiter

Tolérance aux dommages et aux impacts

Concept du BVID (Détection visuelle de la profondeur d'empreinte)

- Identification de l'énergie nécessaire pour causer un défaut détectable visuellement à la surface de la pièce.
- Détermination des propriétés résiduelles et de propagation du défaut sous chargement mécanique .
- Vérification que la charge extrême est toujours OK après un impact d'énergie < énergie BVID
- Pour défaut visuel au-delà du BVID, lancer procédure de contrôle non destructif et prendre décision de réparation si nécessaire.



* BVID = Barely Visible Impact Damage

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

- ➡ Evolution importante au cours des 30 dernières du taux de composite sur les structures d'avions civils. (de 10% à plus de 50% de structure composite sur les avions civils)
- ➡ Des particularités importantes à prendre en compte pour la certification avec la forte non isotropie du matériau.
- ➡ Evolution des propriétés en ambiance humide
- ➡ Les propriétés de tenue à la foudre
- ➡ Les propriétés de tolérances aux dommages et de tenue à l'impact

**Merci pour votre attention.
Questions ?**