



Estructuras Detalladas

Estimación Pesos

Tema 13

Sergio Esteban Roncero
Departamento de Ingeniería Aeroespacial
Y Mecánica de Fluidos

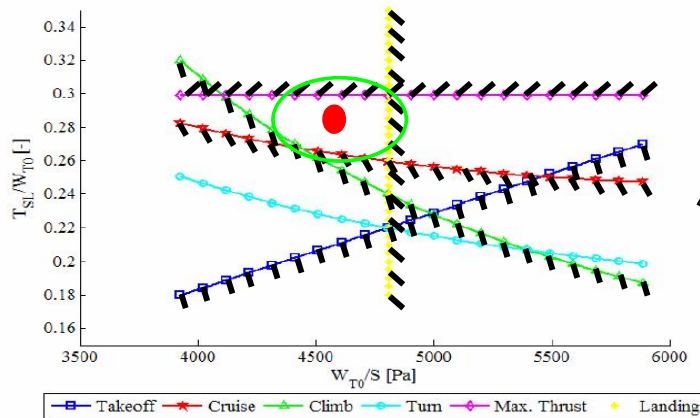
Plan de Trabajo

- Definición del centro de gravedad más preciso mediante estimaciones más exactas de los pesos de los componentes.
 - Realimentación estabilidad.
- Definición de todos los elementos que constituyen el avión:
 - Sistemas
 - Estructuras
 - Propulsión...
 - Tren de aterrizaje
- Empleo de ecuaciones método Roskam (moderno)
- Definir necesidades estructurales debido a las cargas:
 - Aerodinámicas
 - Estructurales.
- Estudio de posibles materiales para definir pesos de forma más precisa.

Estimación de Pesos - I

- Determinación de forma estadística.
- Previo a tener valores más representativos obtenidos mediante modelado en CAD.
 - 1ª Fase: determinar el peso de las estructuras simplificadas
 - Uso de multiplicadores lineales
 - fuselaje, ala, estabilizadores horizontal, motor, tren de aterrizaje, % de misceláneos
 - 2ª Fase: ajustar los pesos de dichas estructuras simplificadas
 - Método literatura
 - 3ª Fase: incluir pesos de sistemas aplicables:
 - Flight Control System, Hydraulic and Pneumatic System, Instrumentation, Avionics and Electronics, Electrical System, Air-conditioning, Pressurization, Anti- and De-icing System, Oxygen System, Auxiliary Power Unit, Furnishings, Baggage and Cargo Handling Equipment, Operational Items
 - 4ª fase: determinar incremento de pesos asociados a refuerzos estructurales
 - Identificación de zonas de carga
 - 5ª Fase: reducción de peso estructural ateniendo a selección de materiales

Estimación de Pesos - III



W/S & T/W

x W_0

S & T

W_w & W_e

$$W_{wToenb} = 0.00125 W_{TO} n_{ult}^{0.55} \left(\frac{b_w}{\cos \Lambda_{c/2_w}} \right)^{0.75} \left\{ 1 + \left(\frac{6.3 \cos \Lambda_{c/2_w}}{b_w} \right)^{0.5} \right\} \left(\frac{b_w S_w}{t_{r_w} W_{TO} \cos \Lambda_{c/2_w}} \right)^{0.30}$$

Estimación de Pesos - II

- Pautas 1ª Fase
- El procedimiento ha de seguir las siguientes pautas
 - A) Empleo de multiplicadores lineales para determinar el peso en vacío (W_e) de las estructuras principales: ala (W_{wing}), horizontal (W_{hor}), vertical (W_{vert}), canard (W_{can}), fuselaje (W_{fus}), tren de aterrizaje (W_{lg}), motores (W_{eng}), y misceláneos (W_{misc})

$$W_{empty} = W_{wing} + W_{hor} + W_{vert} + W_{can} + W_{fus} + W_{fuel} + W_{eng} + W_{misc} + W_{lg}$$

- B) Tener en cuenta que W_{lg} y W_{misc} dependen de W_0 si se emplean multiplicadores lineales
- C) Estimación del peso total del avión atendiendo a la siguiente ecuación

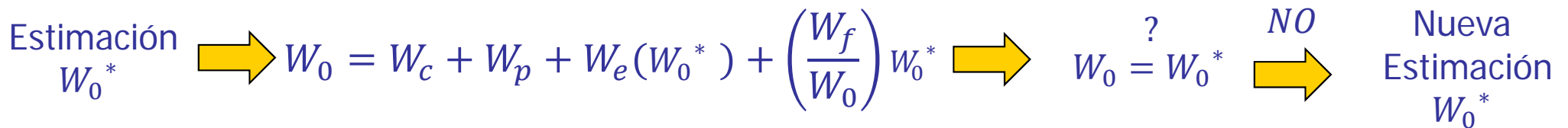
Reescribiendo la ecuación \Rightarrow
$$W_0 = W_c + W_p + W_e(W_0) + \left(\frac{W_f}{W_0}\right) W_0$$

- D) Se calcula el peso inicial asumiendo un W_0 que permita calcular el peso en vacío y el peso de combustible definido por el departamento de actuaciones/propulsión mediante un proceso iterativo:

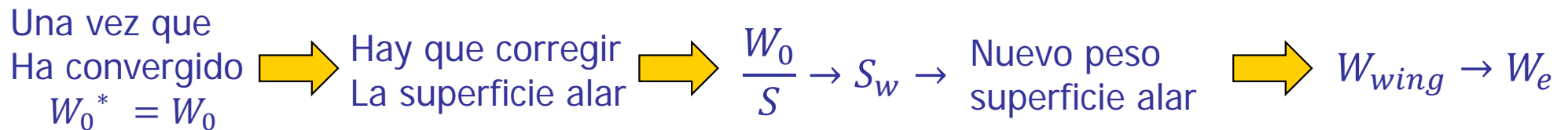
Estimación de Pesos - III

■ Pautas 1ª Fase

- D) Se calcula el peso inicial asumiendo un W_0 que permita calcular el peso en vacío y el peso de combustible definido por el departamento de actuaciones/propulsión mediante un proceso iterativo:
 - 1 - Estimar un W_0^*
 - 2 - Resolver la ecuación de la estimación de W_0 empleando W_0^*
 - 3 - Comparar el valore resultante de $W_0 = W_0^*$
 - 4 - Si no son iguales, hay que hacer una nueva estimación del W_0^* hasta que $W_0 = W_0^*$

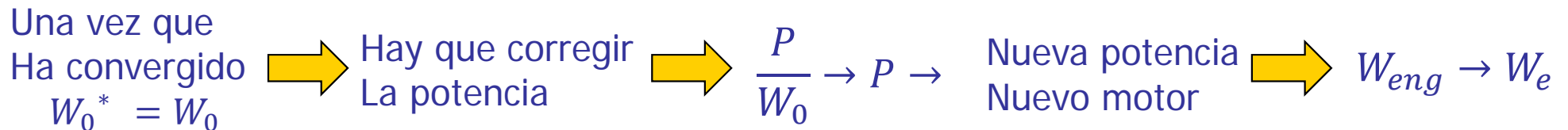


- 5 - Una vez que se ha determinado el W_0 , hay que recalcular la nueva superficie alar asociada a la carga lar fija (W_0/S)
- 6 - Esto determina una nueva S_w lo que genera un nuevo W_{wing}
- 7 - Volver al paso A) y repetir el proceso hasta que S_w no varíe



Estimación de Pesos - IV

- Pautas de la 2ª Fase,
- El procedimiento ha de seguir las siguientes pautas
 - A) Se realiza el mismo procedimiento que en la 1ª Fase, pero utilizando las ecuaciones más avanzadas para determinar el peso en vacío de la estructura en vacío (fuselaje, ala, estabilizadores horizontal, motor, tren de aterrizaje, % de misceláneos)
 - B) Cabe la posibilidad de agregar los siguientes pasos
 - 8 - Con el nuevo cálculo de W_0 determinar nuevo requisito de P, lo que a su vez determina nuevo peso del motor/es



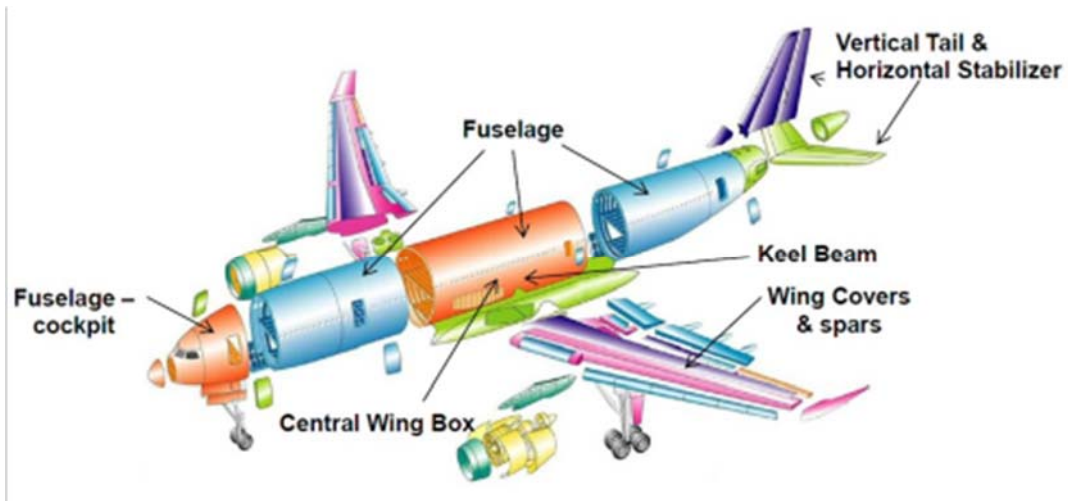
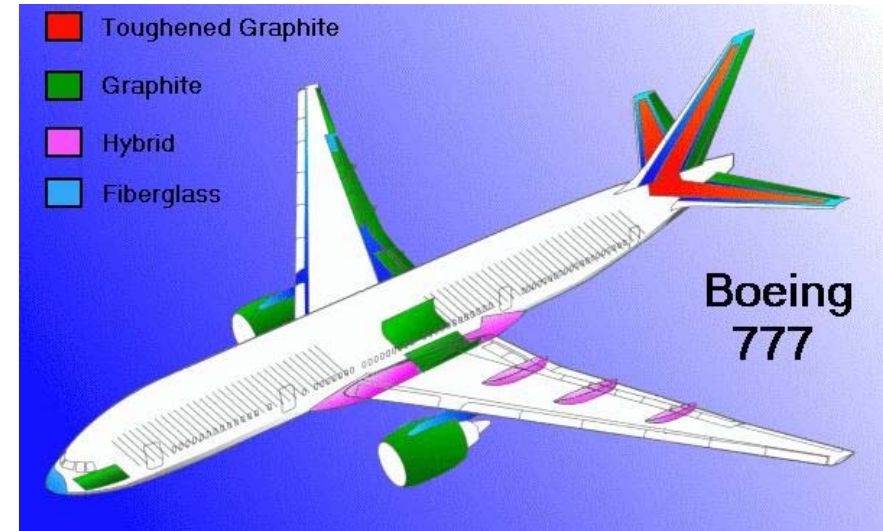
- C) Cabe la posibilidad que para el cálculo del combustible no se emplee la fracción de peso si el departamento de actuaciones/propulsión ha determinado el consumo real de combustible
- D) Dependiendo de las decisiones a tomar por cada grupo de diseño cuando se modifica el peso inicial (W_0) se recalculará la superficie alar y la potencia

Estimación de Pesos - V

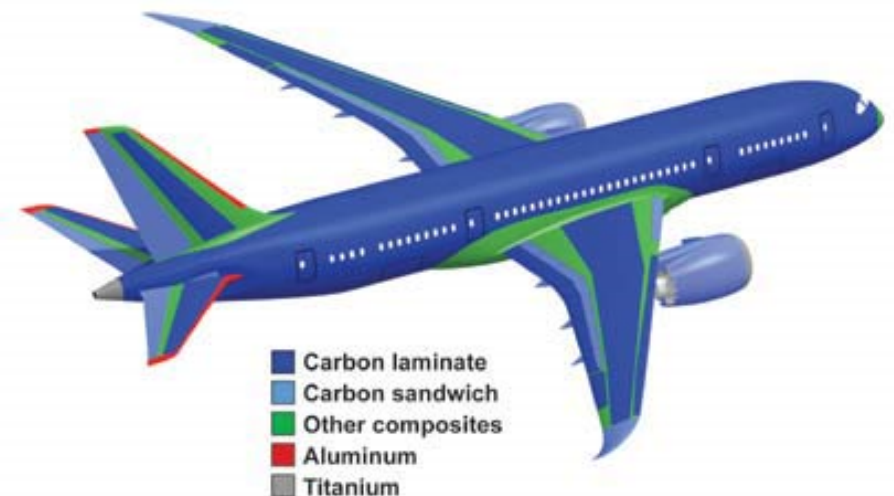
- Pautas de la 3ª Fase,
 - El procedimiento ha de seguir las siguientes pautas
 - A) Se realiza el mismo procedimiento que en la 2ª Fase, pero ajustando el peso en vacío incluyendo los sistemas aplicables.
 - B) Cabe la posibilidad que para el cálculo del combustible no se emplee la fracción de peso si el departamento de actuaciones/propulsión ha determinado el consumo real de combustible
 - C) Dependiendo de las decisiones a tomar por cada grupo de diseño cuando se modifica el peso inicial (W_0) se recalculará la superficie alar y la potencia
- Pautas de la 4ª Fase,
 - El procedimiento ha de seguir las siguientes pautas
 - A) Se realiza el mismo procedimiento que en la 3ª Fase, pero ajustando el peso en vacío incluyendo la estimación de incremento de peso asociado a los refuerzos estructurales.
- Pautas de la 5ª Fase,
 - El procedimiento ha de seguir las siguientes pautas
 - A) Se realiza el mismo procedimiento que en la 4ª Fase, pero ajustando el peso en vacío incluyendo la reducción de pesos por empleo de materiales compuestos.
- Estas pautas pueden ser modificada con vista a optimizar el proceso de diseño de tal manera que se agilicen los cálculos

Tendencias Composites

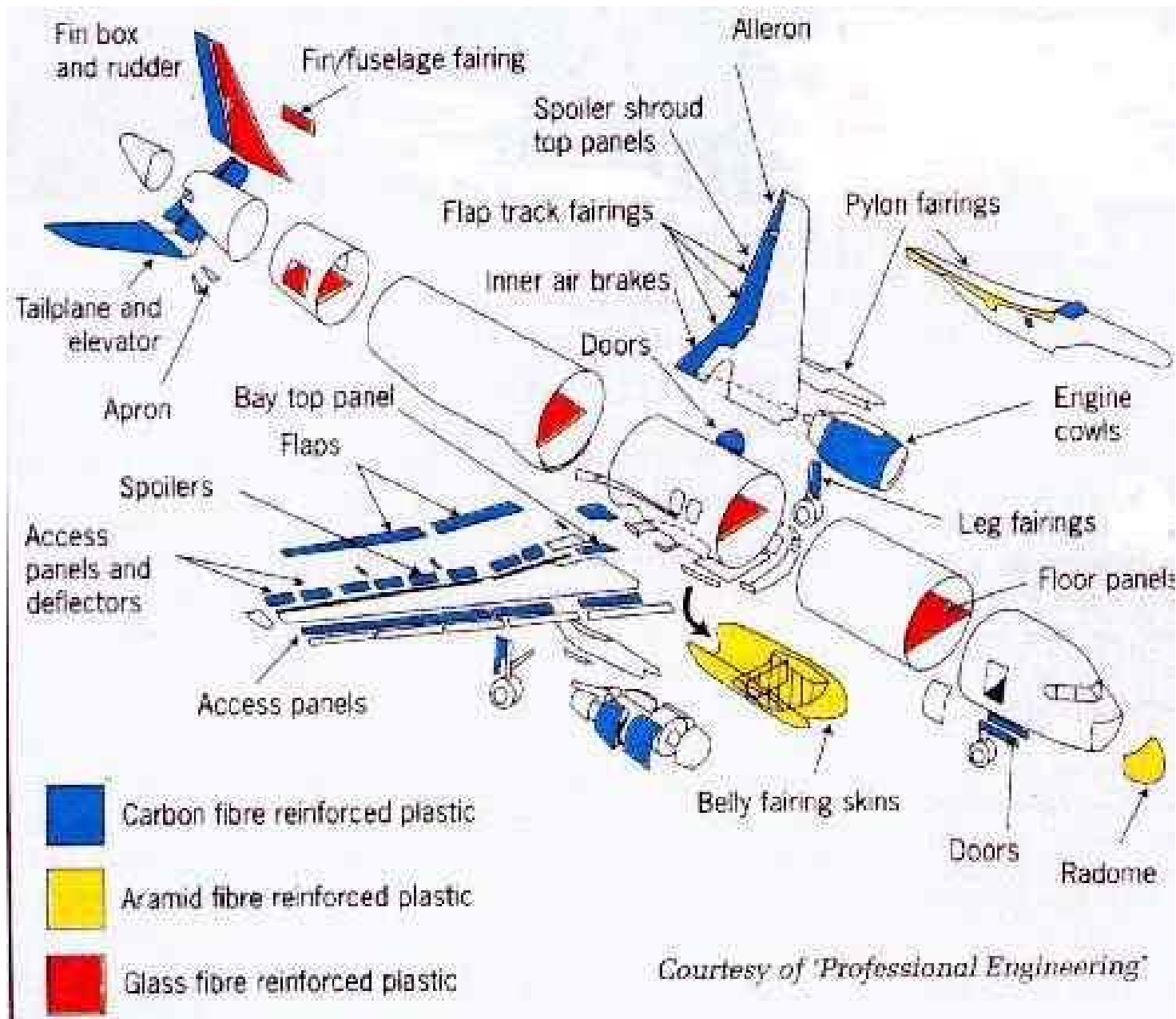
- El porcentaje de composites ha aumentado en los últimos años
- Ejemplos
 - B777
 - B787
 - A380
 - A350
 - Lockheed Martin X55



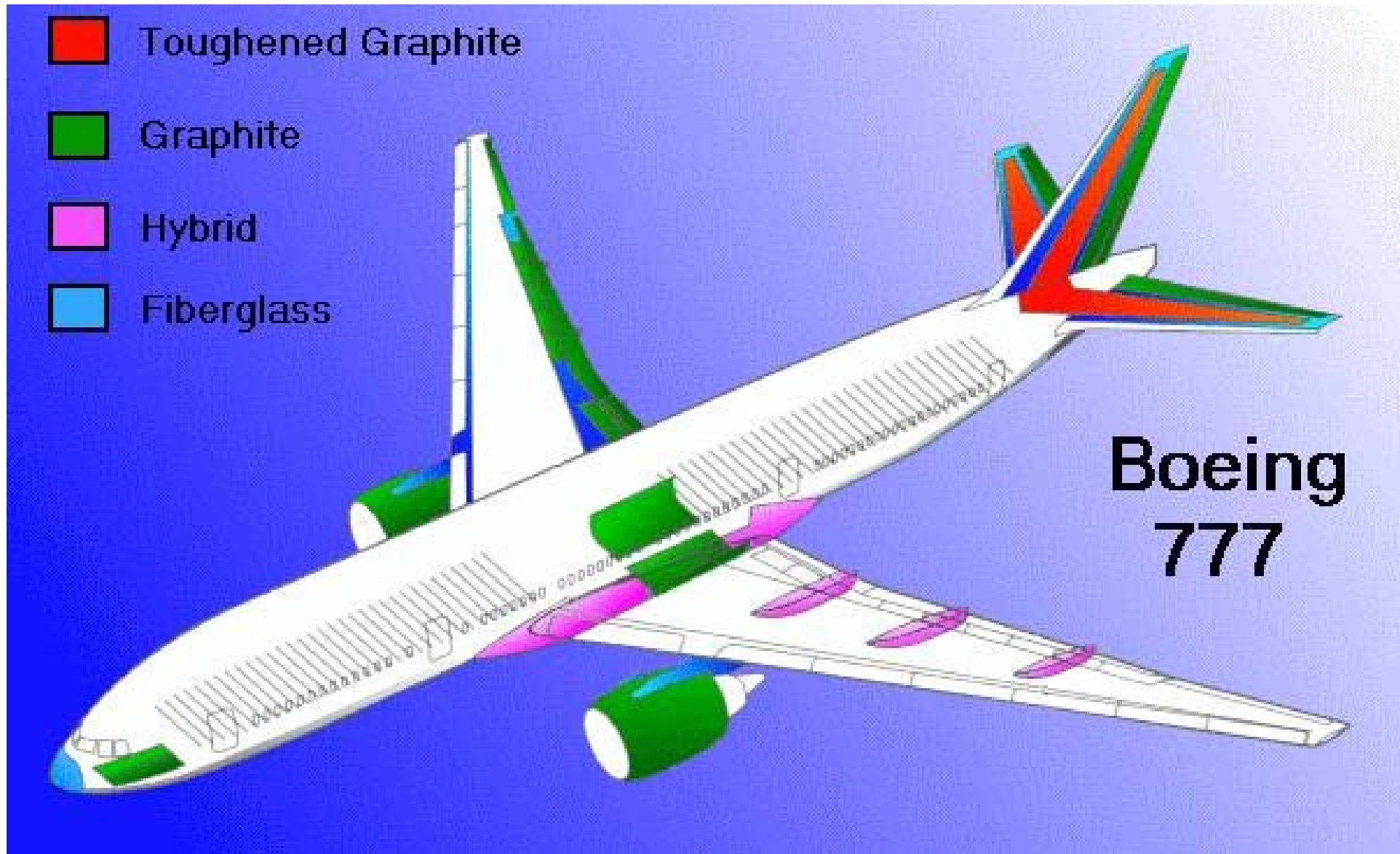
Composites Serve as Primary Structural Material



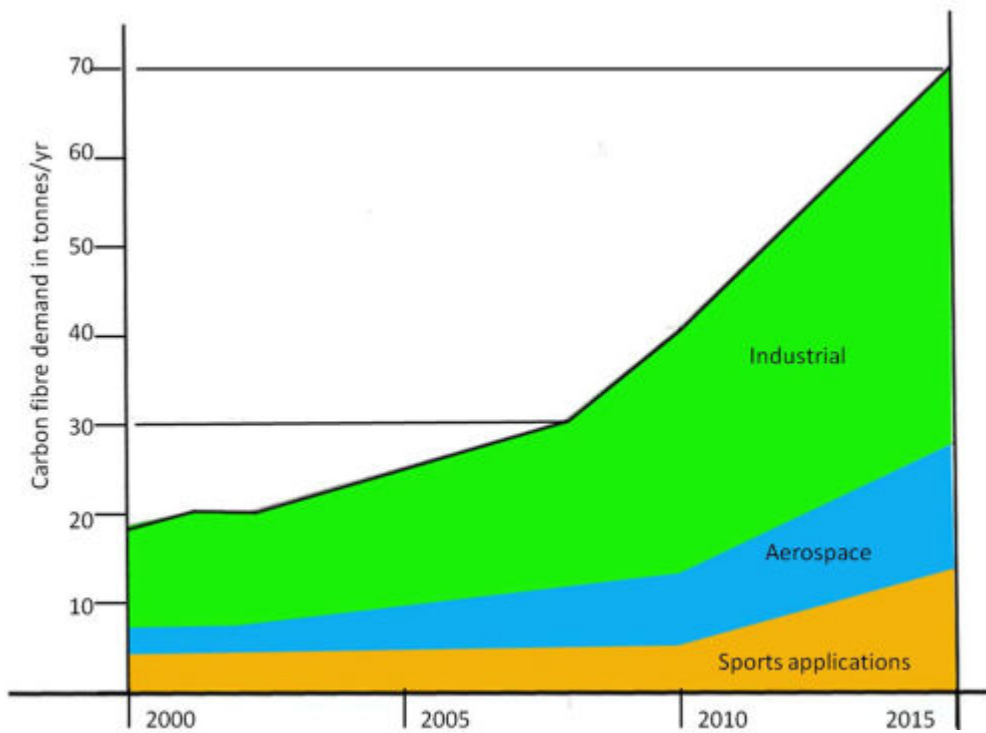
Configuración Antigua Composites - I



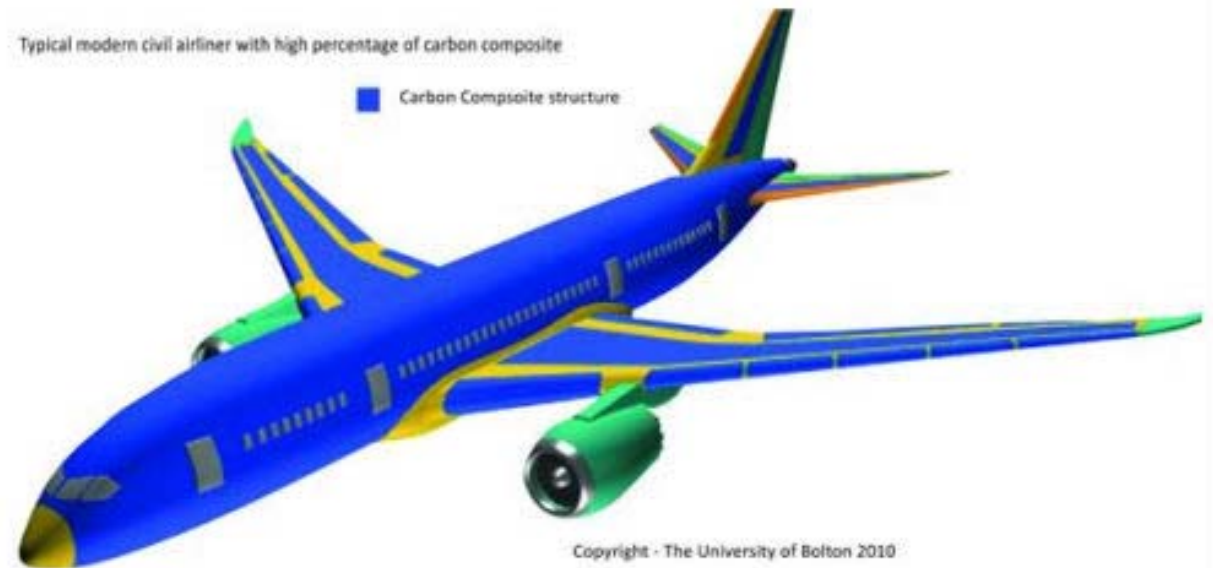
Configuración Antigua Composites - II



Configuración Moderna Composites - I

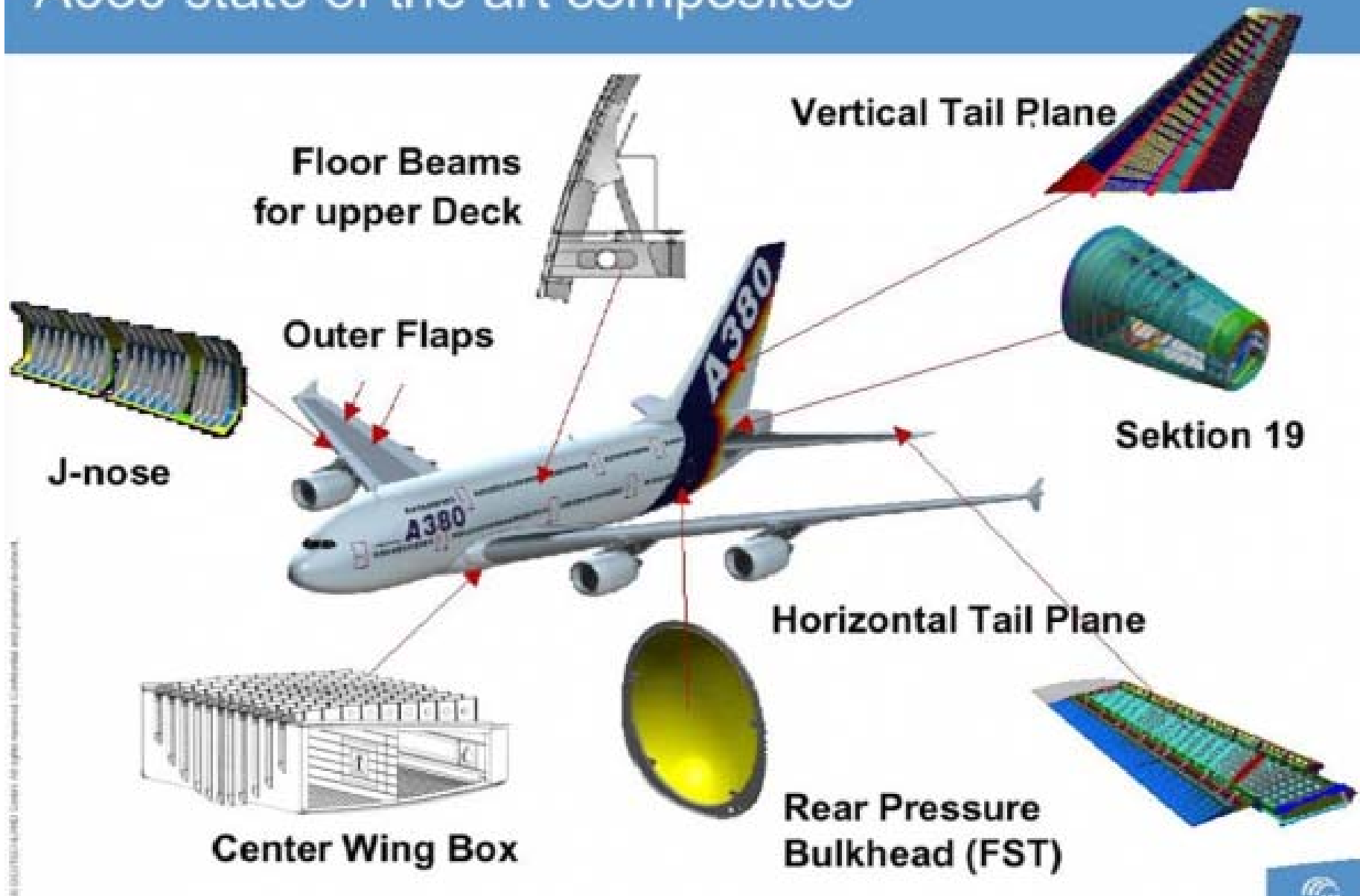


Typical modern civil airliner with high percentage of carbon composite

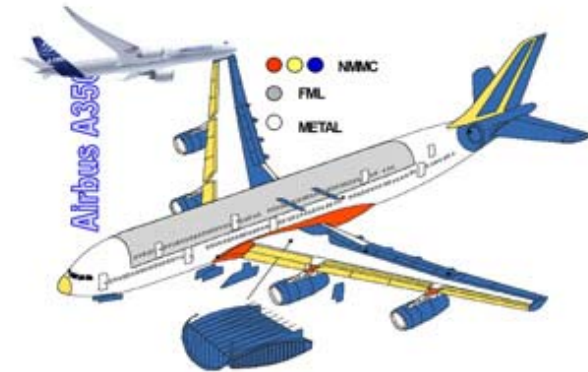


Copyright - The University of Bolton 2010

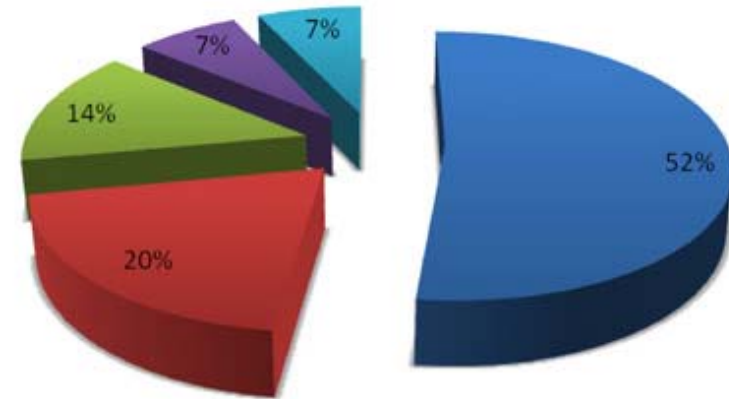
A380 state of the art composites



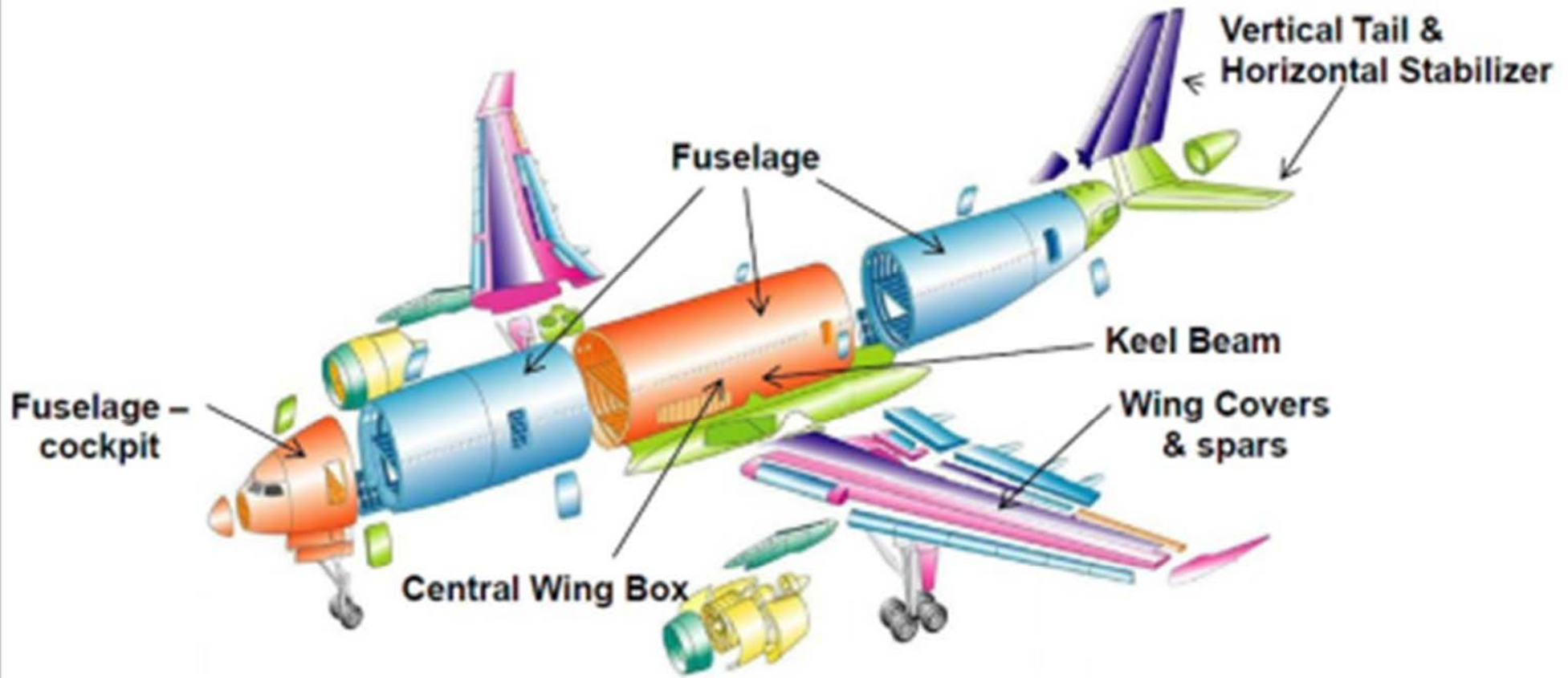
A350 XWB



■ Material Compuesto ■ Aluminio ■ Titanio ■ Acero ■ Otros

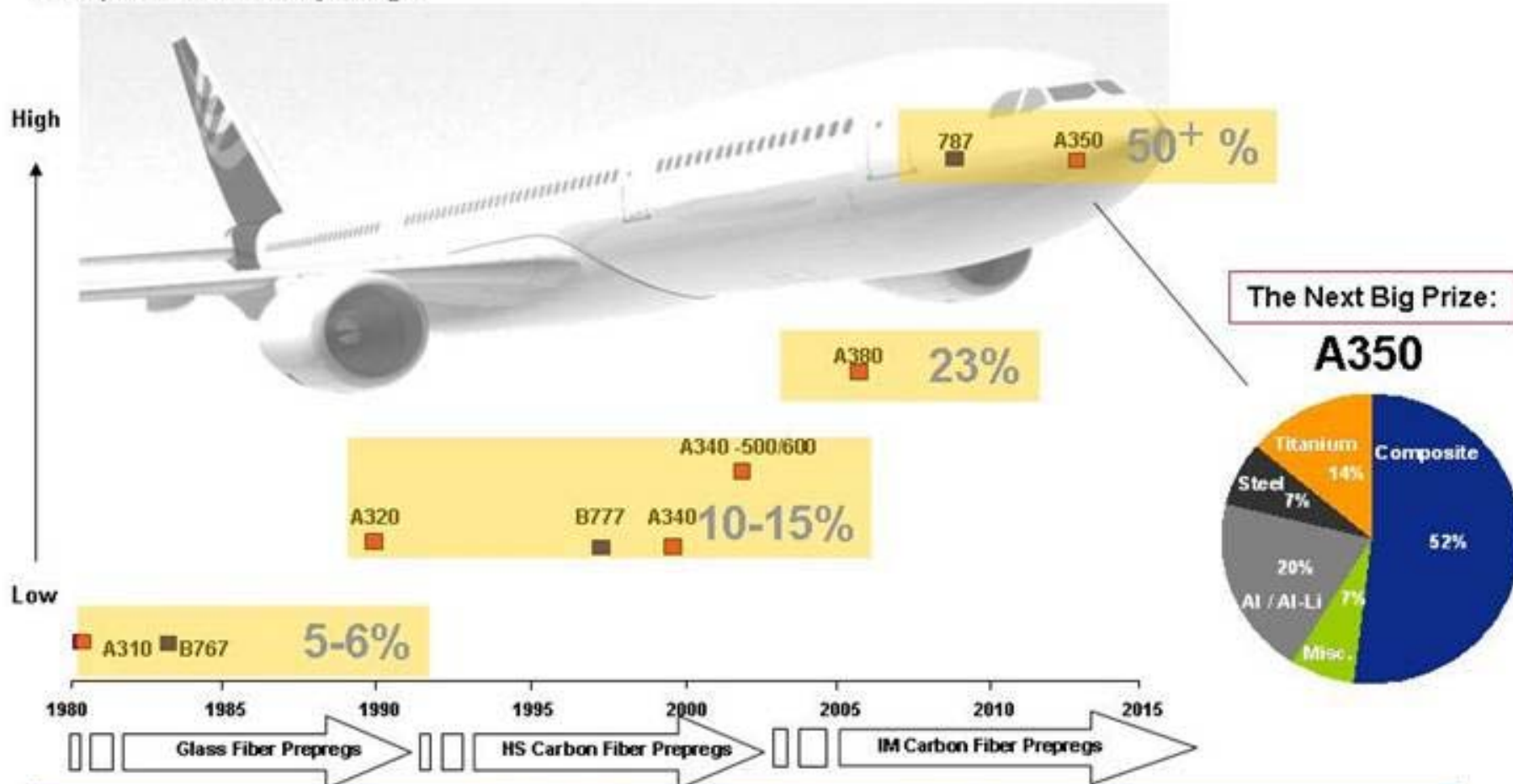


A350 XWB



Commercial Aerospace – Composites Penetration

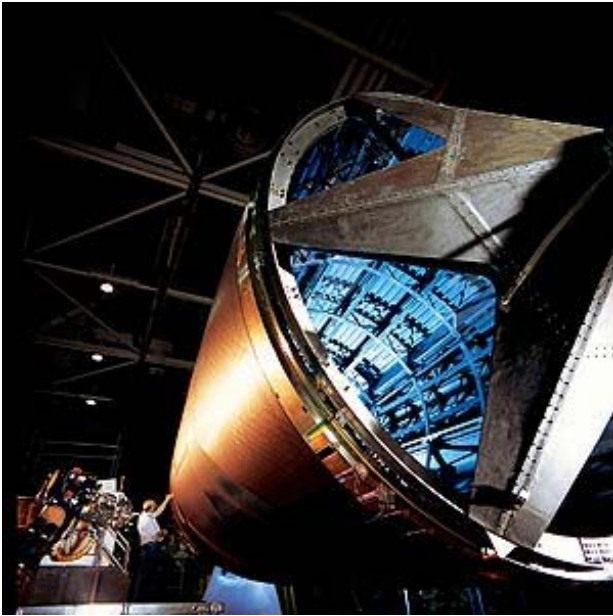
Composite Content by Weight



Step Change Underway with Intermediate Modulus ("IM") Carbon Fiber Prepreg as the new standard... Hexcel's Specialty



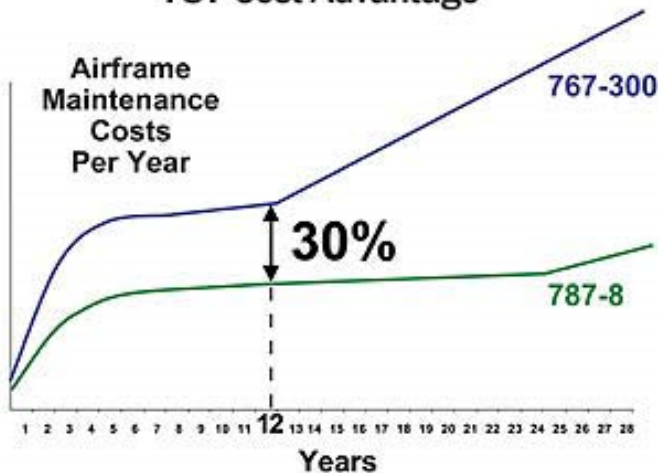
Boeing 787



Composites Serve as Primary Structural Material

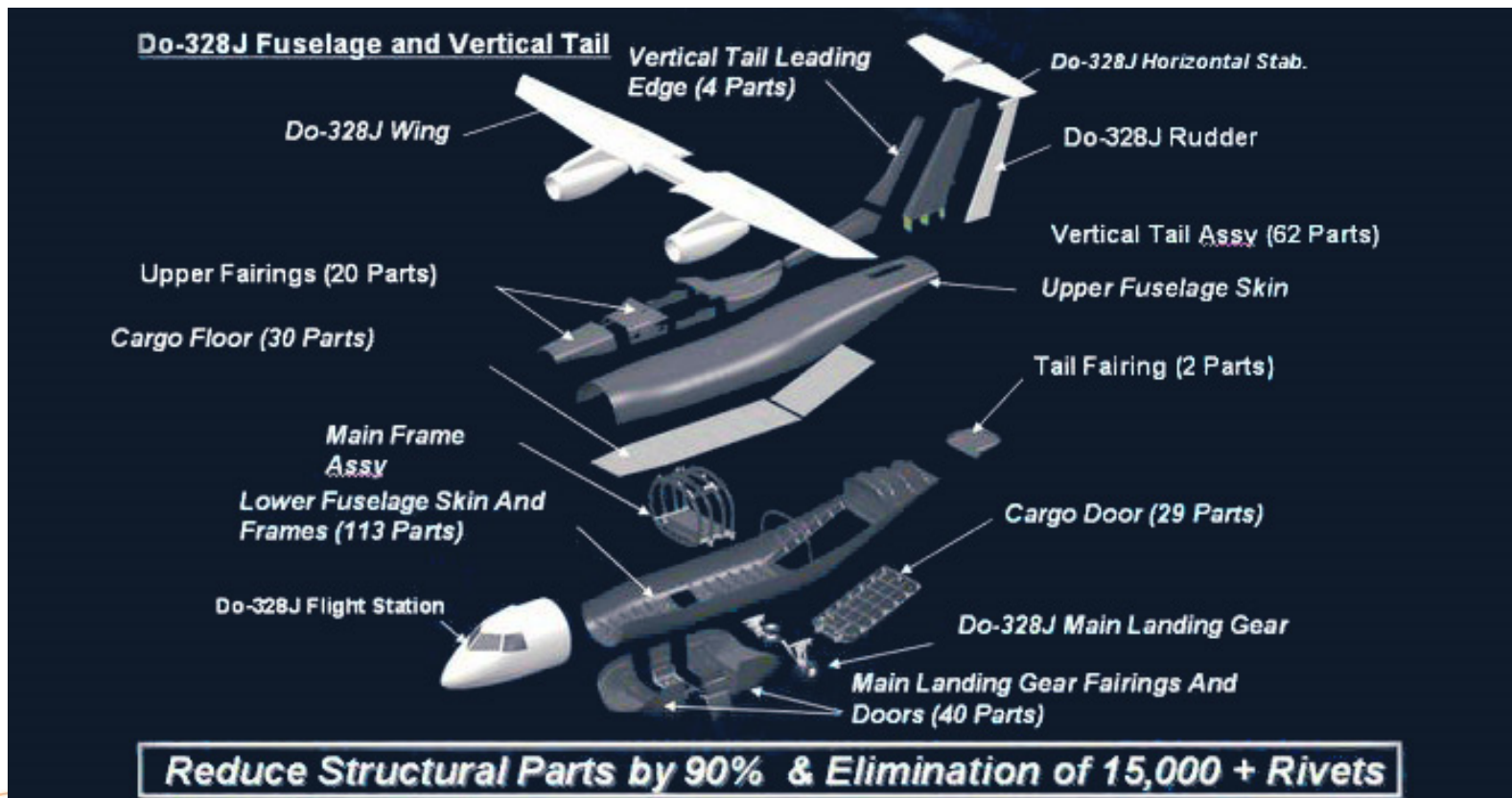


787 Cost Advantage



Advanced Composite Cargo Aircraft (ACCA)

- The Lockheed Martin X-55 Advanced Composite Cargo Aircraft (ACCA)
 - <http://thelexicans.wordpress.com/2012/10/24/the-lockheed-martin-x-55-advanced-composite-cargo-aircraft/>
- Videos
 - <http://youtu.be/MRAtk7ILDpE>
 - <http://youtu.be/T0Fqxt87Qik>



Estimación Pesos

- Se presentan varios métodos para la estimación de pesos estructurales y de sistemas
 - Cada uno de los métodos es independiente y suficiente por si sólo
 - Esto significa que las estimaciones de pesos son válidas siempre que estén dentro del orden de magnitud de aviones similares
- No todos los métodos producen valores que se encuentran dentro de rangos razonables:
 - Los diseñadores deben de ser capaces de identificar si los valores son adecuados mediante métodos comparativos (descritos abajo)
 - No se pueden utilizar ecuaciones de métodos distintos: En caso de querer utilizar ecuaciones de métodos distintos, es necesario hacer la media entre todas las estructuras
 - Por ejemplo, no se puede utilizar la ecuación de estimación del ala de Método I y la del Fuselaje del Método II, sino la media de todas las ecuaciones para ambos métodos
 - Se puede hacer la media con tantos métodos como se dese.
- Se recomienda comparar la estimación e los distintos sistemas y pesos con datos de aviones similares:
 - Datos de Volumen V de Airplane Design de Roskam
 - Se proporcionan estimaciones de pesos estructurales y sistemas como porcentaje del peso total
 - Comparar si está dentro del rango para aviones de características similares
 - Datos comparativos que aparecen en el Método II
 - Se proporcionan estimaciones de pesos estructurales y sistemas como porcentaje del peso total
 - Comparar si está dentro del rango para aviones de características similares

Bibliografía

- Aircraft Design: A Systems Engineering Approach, M. H. Sadraey, Wiley Aerospace Series, 2012.
- Aircraft Design: a conceptual approach, D.P. Raymer, AIAA Education Series, 2006.
- Synthesis of subsonic airplane design, E. Torenbeek, Springer, 1982
- Airplane Design, J. Roskam, DAR Corporation, 1989
- Nicolai, L.M. Carichner, G.E. Fundamentals of Aircraft and Airship Design: Vol 1, 2010
- Ajoy Kumar Kundu, Aircraft Design, Cambridge Aerospace Series, 2010