

CONCEPTION ET CALCUL DES PIÈCES COMPOSITES

Concevoir est autant un art qu'une science...

Introduction

La conception composites s'appuie sur tout l'acquis de la conception métallique tout en intégrant les spécificités du matériau utilisé.

Il faut, dès le début de la réflexion, **penser composite** de façon à prendre en compte les comportements spécifiques (dimensionnel, mécanique, thermique, chimique, environnement, usinage...) et leur mode d'élaboration.

- Un des aspects essentiels est le fait que le matériau « **n'existe pas sur étagère** ». Il est fabriqué en même temps que la pièce, ce qui signifie que ses propriétés sont fortement dépendantes de la méthode et des conditions de mise en œuvre, des dimensions et de la forme. La conception de la pièce inclut donc celle du matériau.
- Les avantages recherchés du composite sont : le gain de masse et la réduction du nombre de pièces.
- La conception ne peut pas être dissociée du calcul.

Conception

La conception s'opère par itérations successives des choix : matériaux, procédés et géométries possibles. Pour cela le concepteur va s'appuyer sur une bonne connaissance :

- des constituants de base, fibres et matrices
- des moyens de mise en œuvre
- des essais de caractérisation
- du comportement des stratifiés (calcul)

Le cahier des charges sera le plus exhaustif possible (ne pas se contenter du cas apparemment « le plus sévère ») et plus complet que pour le métallique. Il devra être élaboré et affiné entre le concepteur et le donneur d'ordres.

Une série d'itérations sur les matériaux, la forme, les dimensions, les propriétés, les fonctions attendues, les méthodes de mises

en œuvre, permettra de dégager des solutions possibles qui seront le résultat des réflexions et de l'imagination du concepteur. Le calcul devra valider la prévision des performances en s'appuyant sur les propriétés du matériau composites (qu'il faudra mesurer), associées à la méthode de mise en œuvre.

Un prototype pourra alors être réalisé et testé avant le lancement en fabrication. On vérifiera la bonne imprégnation des fibres, leur répartition, la présence de porosités, pour agir éventuellement sur les paramètres de fabrication.

REMARQUES

- **L'aspect est un facteur important**
- **Les résines sont sensibles aux UV, à la température et à l'humidité**
- **Les propriétés du composite peuvent évoluer en fonction de la température et de l'humidité**
- **Toutes les singularités géométriques (trous, interruption de plis) sont susceptibles de provoquer des délaminages, il faudra donc y prêter attention**
- **L'assemblage idéal est le collage si on peut faire travailler le joint de colle en cisaillement. Les assemblages par rivets ou boulons sont également utilisés**
- **L'utilisation des inserts permet le positionnement précis d'éléments mécaniques.**

Calculs

Le calcul est important car il permet d'optimiser les performances et de réaliser un gain de masse, ce qui permet de « vendre » la solution composite.

Le calcul repose sur la connaissance du comportement mécanique du pli de base (unidirectionnel ou tissu). Il est nécessaire de connaître ou d'estimer 4 constantes élastiques (au lieu de 2 pour les matériaux isotropes) et 5 valeurs à rupture. Le pli de base est supposé élastique linéaire jusqu'à rupture. Ses propriétés mécaniques évoluent en fonction de

(suite au verso)

la fraction volumique de fibres (liée au compactage) et de leurs orientations (stratification).

La théorie la plus utilisée pour prédire le comportement des stratifiés est la théorie classique des stratifiés (*classical laminate theory* ou CLT), elle est suffisamment performante pour le dimensionnement et suffisamment simple pour être utilisée en Bureau d'études. Il existe de petits outils informatiques permettant au concepteur de vérifier le comportement mécanique de la stratification qu'il met en place.

Un calcul classique de mécanique (type RDM ou éléments finis) permet de connaître les flux d'efforts locaux que le composite stratifié doit supporter, la théorie CLT permet de vérifier qu'aucun pli n'arrive à ses limites (l'outil calcul devient indispensable car il faut vérifier tous les plis ne sachant pas celui qui sera le plus « faible »)

Le calcul de validation n'est jamais global mais **pli par pli**

Le calcul permet notamment de rechercher des solutions de stratification optimales (orientations, nombre de plis)

REMARQUES

- Les composites ont un très bon comportement à la fatigue.
- Il est en général préférable d'utiliser des stratifications symétriques pour éviter après cuisson et refroidissement des déformations parasites de la pièce, la rendant inapte
- Les composites ont des résistances spécifiques très bonnes, dans le sens des fibres, supérieures aux métalliques
- Les comportements sont anisotropes (dépendant de la direction), très bons dans le sens des fibres, médiocres dans le sens transverse.

Les fiches techniques « Du métal au composite » sont éditées dans le cadre d'une action partenariale portée par l'UIMM Aquitaine et soutenue par l'Etat, le conseil régional d'Aquitaine, les agences 2ADI, Innovalis Aquitaine et l'AFPI.
Elles sont réalisées avec le concours de l'UT Bordeaux I, Lamefip, LCTS et Think Composites